

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

US

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 8月 3日

出願番号

Application Number:

特願2000-236287

出願人

Applicant(s):

日本電気株式会社

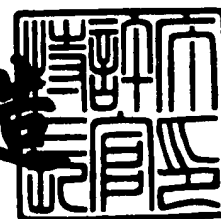
J1046 U.S. PTO  
09/916529  
07/30/01

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 5月31日

許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3049960

【書類名】 特許願

【整理番号】 34803498

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果ヘッド、磁気抵抗変換システム及び磁気記録システム

【請求項の数】 63

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 林 一彦

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 藤方 潤一

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 石 勉

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 森 茂

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 大橋 啓之

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 中田 正文

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 永原 聖万

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

【氏名】 石原 邦彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

【氏名】 石綿 延行

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090158

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤巻 正憲

【電話番号】 03-3433-4221

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009782

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9715181

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果ヘッド、磁気抵抗変換システム及び磁気記録システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下部導電層と、この下部導電層上に設けられ印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、前記下部導電層上に設けられ前記フリー層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記フリー層は前記縦バイアス層により印加される磁界の方向における長さが前記固定層の長さよりも長く、前記非磁性体の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 前記下部導電層はその上面に凹部を有し、前記縦バイアス層は少なくともその一部が前記凹部に埋め込まれるように設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 前記フリー層の少なくとも一部が前記縦バイアス層に直接接触していることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 前記フリー層の下にフリー層下地層が設けられ、前記フリー層下地層は前記フリー層及び前記縦バイアス層に接触していることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】 前記縦バイアス層上に縦バイアス層保護層が設けられ、前記縦バイアス層保護層は前記縦バイアス層に接触すると共に、前記縦バイアス層保護層は前記フリー層及び前記フリー層下地層のうち少なくとも一方に接触していることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】 下部導電層と、この下部導電層上に設けられた磁性層と、この磁性層上に設けられこの磁性層と磁氣的にカップリングし印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、前記下部導電層上に設けられ前記磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記磁性層は前記縦バイアス層により印加される磁界の方向における長さが前記フリー層の長さ

よりも長く、前記非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】 前記磁性層と前記フリー層との間の磁気的カップリングは、反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングであることを特徴とする請求項 6 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】 前記下部導電層はその上面に凹部を有し、前記縦バイアス層は少なくともその一部が前記凹部に埋め込まれるように設けられていることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 9】 前記磁性層の少なくとも一部が前記縦バイアス層に直接接触していることを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 10】 下部導電層と、この下部導電層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、この固定層上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられこのフリー層と磁気的にカップリングする磁性層と、前記磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 11】 前記縦バイアス層により印加される磁界方向において、前記磁性層の長さは前記フリー層の長さ以上であることを特徴とする請求項 10 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 12】 前記下部導電層と前記固定層との間に前記固定層の磁化方向を固定する固定化層が設けられていることを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 13】 前記磁性層と前記フリー層との間の磁気的カップリングは、反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングであることを特徴とする請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 14】 前記磁性層の少なくとも一部が前記縦バイアス層に直接接触していることを特徴とする請求項 10 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の磁気抵

抗効果素子。

【請求項 1 5】 下部導電層と、この下部導電層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、この固定層上に設けられた第 1 の非磁性層と、この第 1 の非磁性層上に設けられ印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられこのフリー層と磁氣的にカップリングする第 1 の磁性層と、この第 1 の磁性層上に設けられこの第 1 の磁性層と磁氣的にカップリングする第 2 の磁性層と、前記第 1 及び第 2 の磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記第 1 の非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記第 1 の非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 6】 前記第 1 の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記フリー層の長さ以上であることを特徴とする請求項 1 5 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 7】 前記第 2 の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記フリー層の長さ以上であることを特徴とする請求項 1 5 又は 1 6 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 8】 前記下部導電層と前記固定層との間に前記固定層の磁化方向を固定する固定化層が設けられていることを特徴とする請求項 1 5 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 9】 前記フリー層と前記第 1 の磁性層との間に第 2 の非磁性層が設けられていることを特徴とする請求項 1 5 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 2 0】 前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層との間に第 3 の非磁性層が設けられていることを特徴とする請求項 1 5 乃至 1 9 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 2 1】 前記フリー層と前記第 1 の磁性層との間の磁氣的カップリングは、反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングであることを特徴とする請求項 1 5 乃至 2 0 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 2 2】 前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層との間の磁氣的カップリングは、反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングであることを特

徴とする請求項 1 5 乃至 2 1 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 2 3】 前記第 1 の磁性層における飽和磁化と膜厚との積が、前記第 2 の磁性層における飽和磁化と膜厚との積と実質的に等しいことを特徴とする請求項 1 5 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 2 4】 前記第 1 の磁性層、前記第 3 の非磁性層及び前記第 2 の磁性層からなる 3 層膜が、積層反強磁性体であることを特徴とする請求項 2 0 乃至 2 3 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 2 5】 前記第 1 の磁性層の少なくとも一部が前記縦バイアス層に直接接触していることを特徴とする請求項 1 5 乃至 2 4 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 2 6】 前記第 2 の磁性層の少なくとも一部が前記縦バイアス層に直接接触していることを特徴とする請求項 1 5 乃至 2 5 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 2 7】 下部導電層と、この下部導電層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、この固定層上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられた磁性層と、この磁性層上に設けられ前記磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2 8】 前記磁性層と前記縦バイアス層との間に第 2 の磁性層を有することを特徴とする請求項 2 7 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 2 9】 下部導電層と、この下部導電層上に設けられ磁化方向が固定された第 1 の固定層と、この第 1 の固定層上に設けられた第 1 の非磁性層と、この第 1 の非磁性層上に設けられ印加される磁界によって磁化方向が変化する第 1 のフリー層と、この第 1 のフリー層上に設けられこの第 1 のフリー層と磁気的にカップリングする磁性層と、この磁性層上に設けられこの磁性層と磁気的にカップリングする第 2 のフリー層と、この第 2 のフリー層上に設けられた第 2 の非磁性層と、この第 2 の非磁性層上に設けられ磁化方向が固定された第 2 の固定層と、前記磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記第 1 及び第 2 の

非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記第 1 及び第 2 の非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 3 0】 前記磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記第 1 及び第 2 のフリー層の長さ以上であることを特徴とする請求項 2 9 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3 1】 前記第 1 の固定層の下に前記第 1 の固定層の磁化方向を固定する第 1 の固定化層が設けられていることを特徴とする請求項 2 9 又は 3 0 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3 2】 前記第 2 の固定層の上に前記第 2 の固定層の磁化方向を固定する第 2 の固定化層が設けられていることを特徴とする請求項 2 9 乃至 3 1 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3 3】 前記第 1 のフリー層と前記磁性層との間の磁気的カップリングは、反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングであることを特徴とする請求項 2 9 乃至 3 2 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3 4】 前記磁性層と前記第 2 のフリー層との間の磁気的カップリングは、反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングであることを特徴とする請求項 2 9 乃至 3 3 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3 5】 前記磁性層の少なくとも一部が前記縦バイアス層に直接接触していることを特徴とする請求項 2 9 乃至 3 4 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3 6】 下部導電層と、この下部導電層上に設けられた第 1 の磁性層と、この第 1 の磁性層上に設けられこの第 1 の磁性層と磁気的にカップリングする第 2 の磁性層と、この第 2 の磁性層上に設けられこの第 2 の磁性層と磁気的にカップリングし印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられた第 1 の非磁性層と、この第 1 の非磁性層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、前記第 1 の磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記第 1 の非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記第 1 の非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 3 7】 前記第 1 の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される



磁界方向における長さが前記フリー層の長さ以上であることを特徴とする請求項 3 6 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3 8】 前記第 2 の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記フリー層の長さ以上であることを特徴とする請求項 3 6 又は 3 7 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3 9】 前記固定層上に前記固定層の磁化方向を固定する固定化層が設けられていることを特徴とする請求項 3 6 乃至 3 8 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4 0】 前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層との間に第 2 の非磁性層が設けられていることを特徴とする請求項 3 6 乃至 3 9 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4 1】 前記第 2 の磁性層と前記フリー層との間に第 3 の非磁性層が設けられていることを特徴とする請求項 3 6 乃至 4 0 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4 2】 前記フリー層と前記第 2 の磁性層との間の磁気的カップリングは、反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングであることを特徴とする請求項 3 6 乃至 4 1 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4 3】 前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層との間の磁気的カップリングは、反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングであることを特徴とする請求項 3 6 乃至 4 2 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4 4】 前記第 1 の磁性層における飽和磁化と膜厚との積が、前記第 2 の磁性層における飽和磁化と膜厚との積に実質的に等しいことを特徴とする請求項 3 6 乃至 4 3 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4 5】 前記第 1 の磁性層、前記第 2 の非磁性層及び前記第 2 の磁性層からなる 3 層膜が、積層反強磁性体であることを特徴とする請求項 3 6 乃至 4 4 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4 6】 前記第 1 の磁性層の少なくとも一部が前記縦バイアス層に直接接触していることを特徴とする請求項 3 6 乃至 4 5 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4 7】 前記第 2 の磁性層の少なくとも一部が前記縦バイアス層に直接接触していることを特徴とする請求項 3 6 乃至 4 6 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4 8】 下部導電層と、この下部導電層上に設けられた縦バイアス層と、この縦バイアス層上に設けられた第 1 の磁性層と、この第 1 の磁性層上に設けられこの第 1 の磁性層と磁氣的にカップリングしている第 2 の磁性層と、この第 2 の磁性層上に設けられこの第 2 の磁性層と磁氣的にカップリングし印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられた第 1 の非磁性層と、この第 1 の非磁性層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、を有し、前記第 1 の非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記第 1 の非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 4 9】 前記第 1 の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記フリー層の長さ以上であることを特徴とする請求項 4 8 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5 0】 前記第 2 の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記フリー層の長さ以上であることを特徴とする請求項 4 8 又は 4 9 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5 1】 前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層との間に第 2 の非磁性層が設けられていることを特徴とする請求項 4 8 乃至 5 0 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5 2】 前記第 2 の磁性層と前記フリー層との間に第 3 の非磁性層が設けられていることを特徴とする請求項 4 8 乃至 5 1 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5 3】 前記フリー層と前記第 2 の磁性層との間の磁氣的カップリングは、反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングであることを特徴とする請求項 4 8 乃至 5 2 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5 4】 前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層との間の磁氣的カップリングは、反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングであることを特徴とする請求項 4 8 乃至 5 3 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5 5】 前記第 1 の磁性層における飽和磁化と膜厚との積が、前記第 2 の磁性層における飽和磁化と膜厚との積に実質的に等しいことを特徴とする請求項 4 8 乃至 5 4 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5 6】 前記第 1 の磁性層、前記第 2 の非磁性層及び前記第 2 の磁性層からなる 3 層膜が、積層反強磁性体であることを特徴とする請求項 4 8 乃至 5 5 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5 7】 前記第 1 の磁性層の少なくとも一部が前記縦バイアス層に直接接触していることを特徴とする請求項 4 8 乃至 5 6 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5 8】 前記第 2 の磁性層の少なくとも一部が前記縦バイアス層に直接接触していることを特徴とする請求項 4 8 乃至 5 7 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5 9】 請求項 1 乃至 5 8 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子と、この磁気抵抗効果素子の基材となる下シールド層と、前記磁気抵抗効果素子上に設けられ前記磁気抵抗効果素子にこの磁気抵抗効果素子の電気抵抗値変化を検出するセンス電流を入力するための上部導電層と、この上部導電層上に設けられた上シールド層と、を有することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 6 0】 前記磁気抵抗効果素子における下部導電層が前記下シールド層と一体であることを特徴とする請求項 5 9 に記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 6 1】 前記上部導電層が前記上シールド層と一体であることを特徴とする請求項 5 9 又は 6 0 に記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 6 2】 請求項 5 9 乃至 6 1 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果ヘッドと、前記磁気抵抗効果ヘッドにセンス電流を供給する電流発生回路と、前記磁気抵抗効果ヘッドの電気抵抗変化を検出して前記磁気抵抗効果ヘッドに印加された磁界を求めるデータ読取回路と、を有することを特徴とする磁気抵抗変換システム。

【請求項 6 3】 請求項 6 2 に記載の磁気抵抗変換システムと、この磁気抵抗変換システムによりデータを記録及び再生する複数個のトラックを有する磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体における選択されたトラックが配置されている位

置へ前記磁気抵抗変換システムを移動させる第1のアクチュエータと、前記トラックを回転駆動させる第2のアクチュエータと、を有することを特徴とする磁気記録システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気記録媒体上に情報信号を記録し、その情報信号を読み取り再生するための磁気抵抗効果素子、この磁気抵抗効果素子を具備する磁気抵抗効果ヘッド、この磁気抵抗効果ヘッドを具備する磁気抵抗変換システム及びこの磁気抵抗変換システムを具備する磁気記録システムに関し、特に、強磁性トンネル接合を利用し、再生信号のノイズが少ない磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、磁気抵抗センサ (Magnetoresistance Sensor、以下、MRセンサという) 又はヘッドと呼ばれる磁気読み取り変換器が開示されており、この磁気読み取り変換器は大きな線形密度で磁性表面からデータを読み取ることができる。MRセンサは、読み取り素子が外部から印加される磁束の強さ及び方向の関数として電気抵抗値を変化させ、この電気抵抗値の変化を測定することにより磁界信号を検出する。

【0003】

このような従来のMRセンサは、読み取り素子の電気抵抗値の変化成分が磁化方向と読み取り素子中を流れる感知電流方向との間の角度の余弦の2乗に比例して変化する異方性磁気抵抗効果 (Anisotropic Magnetoresistance effect、以下、AMR効果という) に基づいて動作する。AMR効果のより詳しい説明は、D. A. トンプソン (Thompson) 等の論文「アイ・イー・イー・イー、トランスアクションズ・オン・マグネチックス (IEEE Transactions on Magnetism) 第MAG-11巻、第4号、第1039ページ、1975年、"Memory, Storage, and Related Applications"」に記載されている。

【0004】

また、最近では、積層磁気センサの電気抵抗値変化が非磁性層を介する磁性層間での伝導電子のスピン依存性伝送及びそれに付随する層界面でのスピン依存性散乱に起因するより顕著な磁気抵抗効果が開示されている。この磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」及び「スピン・バルブ効果」等種々の名称で呼ばれている。このような磁気抵抗センサは適当な材料で構成されており、AMR効果を利用するセンサで観察されるよりも検出感度が改善され、電気抵抗値変化が大きい。この種のMRセンサにおいては、非磁性層で分離された一对の強磁性体層の間の平面内抵抗が、前記一对の強磁性体層における磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する。1988年6月に優先権主張されている特開平2-61572号公報には、磁性層内における磁化方向の反平行整列によって生じる高いMR変化をもたらす積層磁性構造が記載されている。

## 【0005】

一方、近年、トンネル電流が流れる極薄絶縁層(バリア層)の上下に位置する強磁性体の磁化方向の相対的变化により電気抵抗値が変化する現象が発見され、強磁性層、バリア層、強磁性層の積層構造は強磁性トンネル接合と名付けられている。強磁性トンネル接合については、例えば、「ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス (Journal of Applied Physics) 第79(8)巻、第15号、第4724頁、1996年」等に紹介されている。

## 【0006】

しかしながら、強磁性トンネル接合を利用するシールド型素子においては、素子の電気抵抗値変化を検出するためのセンス電流をトンネル接合部に垂直に流す必要がある。しかしながら、従来のスピンバルブを使用するシールド型素子に類似した構造では、センス電流がトンネル接合部の近傍に配置されたフリー層の磁区を制御するための縦バイアス層を流れてしまい、トンネル接合部を流れる電流が減少し、電気抵抗値変化を減少させるという問題点がある。

## 【0007】

この問題点を解決するために、1996年11月27日に優先権主張されている特開平10-162327号公報において、強磁性トンネル接合膜を使用する再生ヘッドにおいて縦バイアス層がフリー層に接触しないような構造を有する再

生ヘッドが開示されている。

【0008】

図106は、特開平10-162327号公報に記載されている従来の強磁性トンネルヘッドの部分断面図である。図106には、パターン化された強磁性トンネル接合素子、即ち、磁気抵抗効果素子30において、縦バイアス層2bとフリー層3bとの間に絶縁層11が配置されている構造が示されている。これにより、センス電流が縦バイアス層2bに流れることを防止できる。

【0009】

しかしながら、この磁気抵抗効果素子30は、縦バイアス層2bとフリー層3bとの間に配置された絶縁層11が磁気分離層としても作用してしまうため、フリー層3bに十分な大きさの縦バイアス磁界を印加することが困難である。そのため、フリー層3bの磁区が十分に制御されず、シールド型センサとしてR-Hループ上でヒステリシスが大きくなり、記録媒体上の磁気情報を再生した場合にはノイズが多い再生信号になるという問題点がある。

【0010】

この問題点を解決するために、1997年3月7日に優先権主張されている特開平10-255231号公報において、強磁性トンネル接合膜を使用する再生ヘッドにおいて縦バイアス層がフリー層に接触するような構造が開示されている。

【0011】

図107及び図108は、特開平10-255231号公報に記載されている強磁性トンネルヘッドの部分断面図である。図107及び図108には、フリー層3b、非磁性層4及び固定層5からなる積層体において、フリー層3b又は固定層5のいずれかの端部に、縦バイアス層2bが直接接触している構造が示されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図107及び図108に示された構造には以下のような問題点がある。本発明の実施例の項において述べるように、図107及び図108に示

された構造を狙って実際に再生ヘッドを作製したところ、センス電流が縦バイアス層 2 b に流れてしまい非磁性層 4 に十分に流れず、センス電流の十分な出力を得ることかできなかった。出力が小さいと (S/N) 比及びビットエラーレートも十分な値を得ることができない。従って、この構造では、原理的にはセンス電流が縦バイアス層 2 b に流れて非磁性層 4 をバイパスすることを防止できるはずではあるが、縦バイアス層 2 b がフリー層 3 b、非磁性層 4 及び固定層 5 からなる積層体における非磁性層 4 の端部の直近に配置されているため、この構造をセンス電流が縦バイアス層 2 b に流れて非磁性層 4 をバイパスすることを防止できるように正確に作製することは困難である。

## 【 0 0 1 3 】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、センス電流が縦バイアス層に流れることを防止し、再生波形のノイズが少なく、(S/N) 比及びビットエラーレートが良好な磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果ヘッド、磁気抵抗変換システム及び磁気記録システムを提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 4 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明に係る磁気抵抗効果素子は、下部導電層と、この下部導電層上に設けられ印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、前記下部導電層上に設けられ前記フリー層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記フリー層は前記縦バイアス層により印加される磁界の方向における長さが前記固定層の長さよりも長く、前記非磁性体の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする。

## 【 0 0 1 5 】

本発明においては、フリー層の前記縦バイアス層により印加される磁界の方向における長さを固定層の長さよりも長くすることにより、フリー層のみが縦バイアス層の近くに配置されるようにする。これにより、縦バイアス層からフリー層に効果的に縦バイアス磁界が印加されると共に、固定層から縦バイアス層にセンス電流が漏洩することを防止することができる。そのため、電気抵抗値変化を検

出するために磁気抵抗効果素子に印加されるセンス電流のほぼ全てが非磁性層を流れるようになり、再生波形のノイズを低減し、(S/N)比及びビットエラーレートを向上させることができる。なお、センス電流が前記非磁性層に実質的に垂直に流れるとは、非磁性層の電気抵抗変化を測定するために支障がない程度にセンス電流が垂直に流れるということである。また、前述の前記縦バイアス層により印加される磁界方向とは、磁気抵抗効果ヘッドにおけるエア・ベアリング表面に平行な面において前記センス電流が流れる方向と直角をなす方向に一致する。

## 【0016】

また、前記下部導電層は凹部を有し、前記縦バイアス層は少なくともその一部が前記凹部に埋め込まれるように設けられていることが好ましい。

## 【0017】

これにより、縦バイアス層とフリー層とを同じ高さに配置することができ、縦バイアス層からフリー層に縦バイアス磁界をスムーズ且つ有効に印加することができる。

## 【0018】

更に、フリー層の少なくとも一部を縦バイアス層に直接接触させることができる。又は、フリー層の下にフリー層下地層を設けフリー層下地層が縦バイアス層に接触するようにしてもよく、縦バイアス層の上に縦バイアス層保護層を設け縦バイアス保護層がフリー層又はフリー層下地層に接触するようにしてもよい。

## 【0019】

これにより、縦バイアス層からフリー層への縦バイアス磁界の印加を、更に確実且つ効果的に行うことができる。

## 【0020】

本発明に係る他の磁気抵抗効果素子は、下部導電層と、この下部導電層上に設けられた磁性層と、この磁性層上に設けられこの磁性層と磁氣的にカップリングし印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、前記下部導電層上に設けられ前記磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を



有し、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における前記磁性層の長さが前記フリー層の長さよりも長く、前記非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

また、前記磁性層と前記フリー層との間の磁気的カップリングを反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングとすることができる。更に、前記磁性層と前記フリー層との間に第 2 の非磁性層を設けてもよい。

【 0 0 2 2 】

本発明においては、縦バイアス層から一端磁性層に縦バイアス磁界を印加し、この磁性層からフリー層に縦バイアス磁界を印加する。このように、縦バイアス磁界の印加を二段階にすることにより、フリー層に印加される縦バイアス磁界の制御が容易になる。また、前記縦バイアス層により印加される磁界方向において、磁性層の長さをフリー層の長さよりも長くすることにより、磁性層のみが縦バイアス層の近くに配置されるようにする。これにより、縦バイアス層から磁性層に効果的に縦バイアス磁界が印加されると共に、積層体から縦バイアス層にセンス電流が漏洩することを防止することができ、センス電流のほぼ全てが非磁性層を流れるようになる。

【 0 0 2 3 】

また、前記磁性層の少なくとも一部を縦バイアス層に直接接触させることができる。又は、磁性層の下に磁性層下地層を設け磁性層下地層が縦バイアス層に接触するようにしてもよく、縦バイアス層の上に縦バイアス層保護層を設け縦バイアス保護層が磁性層又は磁性層下地層に接触するようにしてもよい。

【 0 0 2 4 】

これにより、縦バイアス層から磁性層への縦バイアス磁界の印加を、更に確実且つ効果的に行うことができる。

【 0 0 2 5 】

本発明に係る更に他の磁気抵抗効果素子は、下部導電層と、この下部導電層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、この固定層上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ印加される磁界によって磁化方向が変化するフリ

一層と、このフリー層上に設けられこのフリー層と磁氣的にカップリングする磁性層と、前記磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする。

## 【 0 0 2 6 】

また、前記固定層の下に前記固定層の磁化方向を固定する固定化層が設けられていてもよい。

## 【 0 0 2 7 】

更に、前記磁性層の少なくとも一部を縦バイアス層に直接接触させることが好ましい。又は、磁性層の下に磁性層下地層を設け磁性層下地層が縦バイアス層に接触するようにしてもよく、縦バイアス層の上に縦バイアス層保護層を設け縦バイアス保護層が磁性層又は磁性層下地層に接触するようにしてもよい。

## 【 0 0 2 8 】

また、前記磁性層と前記フリー層との間の磁氣的カップリングを反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングとすることができる。更に、前記磁性層と前記フリー層との間に第 2 の非磁性層を設けてもよい。

## 【 0 0 2 9 】

本発明に係る更に他の磁気抵抗効果素子は、下部導電層と、この下部導電層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、この固定層上に設けられた第 1 の非磁性層と、この第 1 の非磁性層上に設けられ印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられこのフリー層と磁氣的にカップリングする第 1 の磁性層と、この第 1 の磁性層上に設けられこの第 1 の磁性層と磁氣的にカップリングする第 2 の磁性層と、前記第 1 及び第 2 の磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記第 1 の非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記第 1 の非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする。

## 【 0 0 3 0 】

また、前記第 1 の磁性層及び第 2 の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが、夫々前記フリー層の長さ以上であることが好まし

い。

【 0 0 3 1 】

更に、前記フリー層と前記第 1 の磁性層との間に第 2 の非磁性層が設けられ、前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層との間には第 3 の非磁性層が設けられることができる。また、前記固定化層の下に固定化層下地層が設けられていてもよい。

【 0 0 3 2 】

本発明においては、縦バイアス層から一旦、第 1 の磁性層、第 3 の非磁性層及び第 2 の磁性層からなる 3 層膜に縦バイアス磁界を印加し、それを前記 3 層膜からフリー層に印加することができる。このように、縦バイアス層からフリー層への縦バイアス磁界の印加を二段階にすることにより、フリー層に印加される縦バイアス磁界の制御が容易になる。

【 0 0 3 3 】

更にまた、前記第 1 の磁性層における飽和磁化と膜厚との積が、前記第 2 の磁性層における飽和磁化と膜厚との積と実質的に等しく、前記第 1 の磁性層、前記第 3 の非磁性層及び前記第 2 の磁性層からなる 3 層膜が、積層反強磁性体であることができる。

【 0 0 3 4 】

これにより、前記 3 層膜が磁界に対する感度を持たなくなり、フリー層のみが磁界に感度を持つようになる。このため、この磁気抵抗効果素子を再生ヘッドに適用した場合の再生トラック幅は、フリー層の幅のみで決定されるようになり、実効トラック幅の広がりを防止することができるようになる。なお、実質的に等しいとは、前記 3 層膜の磁界に対する感度の低減効果が認められる程度に等しいということである。

【 0 0 3 5 】

また、前記第 1 の磁性層の少なくとも一部は縦バイアス層に直接接触していることが好ましい。又は、前記第 1 の磁性層の下に第 1 の磁性層下地層を設け、この第 1 の磁性層下地層が縦バイアス層に接触するようにしてもよく、縦バイアス層の上に縦バイアス層保護層を設け縦バイアス保護層が前記第 1 の磁性層又は前

記第 1 の磁性層下地層に接触するようにしてもよい。同様に、前記第 2 の磁性層の少なくとも一部は縦バイアス層に直接接触していることが好ましい。又は、前記第 2 の磁性層の下に第 2 の磁性層下地層を設け、この第 2 の磁性層下地層が縦バイアス層に接触するようにしてもよく、前記縦バイアス保護層が前記第 2 の磁性層又は前記第 2 の磁性層下地層に接触するようにしてもよい。

## 【 0 0 3 6 】

本発明に係る更に他の磁気抵抗効果素子は、下部導電層と、この下部導電層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、この固定層上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられた磁性層と、この磁性層上に設けられ前記磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする。

## 【 0 0 3 7 】

本発明に係る更に他の磁気抵抗効果素子は、下部導電層と、この下部導電層上に設けられ磁化方向が固定された第 1 の固定層と、この第 1 の固定層上に設けられた第 1 の非磁性層と、この第 1 の非磁性層上に設けられ印加される磁界によって磁化方向が変化する第 1 のフリー層と、この第 1 のフリー層上に設けられこの第 1 のフリー層と磁氣的にカップリングする磁性層と、この磁性層上に設けられこの磁性層と磁氣的にカップリングする第 2 のフリー層と、この第 2 のフリー層上に設けられた第 2 の非磁性層と、この第 2 の非磁性層上に設けられ磁化方向が固定された第 2 の固定層と、前記磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記第 1 及び第 2 の非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記第 1 及び第 2 の非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする。

## 【 0 0 3 8 】

また、前記磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記第 1 及び第 2 のフリー層の長さ以上であることが好ましい。

## 【 0 0 3 9 】

本発明においては、2 組のフリー層及び固定層を上下対象に設けることにより

、フリー層及び固定層に流れるセンス電流により発生する磁界の影響を打ち消すことができ、磁界に対してより直線的な応答を得ることができる。

【 0 0 4 0 】

また、前記第 1 の固定層の下に前記第 1 の固定層の磁化方向を固定する第 1 の固定化層を設けてもよく、前記第 2 の固定層の上に前記第 2 の固定層の磁化方向を固定する第 2 の固定化層を設けてもよい。更に、前記第 1 の固定化層の下に第 1 の固定化層下地層を設けてもよい。

【 0 0 4 1 】

また、前記第 1 のフリー層と前記磁性層との間の磁気的カップリングを反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングとすることができる。更に、前記第 1 のフリー層と前記磁性層との間に第 3 の非磁性層を設けてもよい。同様に、前記磁性層と前記第 2 のフリー層との間の磁気的カップリングを反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングとすることができる。更に、前記磁性層と前記第 2 のフリー層との間に第 4 の非磁性層を設けてもよい。

【 0 0 4 2 】

また、前記磁性層の少なくとも一部は縦バイアス層に直接接触していることが好ましい。又は、前記磁性層の下に磁性層下地層を設け、この磁性層下地層が縦バイアス層に接触するようにしてもよく、縦バイアス層の上に縦バイアス層保護層を設け縦バイアス保護層が前記磁性層又は前記磁性層下地層に接触するようにしてもよい。

【 0 0 4 3 】

本発明に係る更に他の磁気抵抗効果素子は、下部導電層と、この下部導電層上に設けられた第 1 の磁性層と、この第 1 の磁性層上に設けられこの第 1 の磁性層と磁気的にカップリングする第 2 の磁性層と、この第 2 の磁性層上に設けられこの第 2 の磁性層と磁気的にカップリングし印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられた第 1 の非磁性層と、この第 1 の非磁性層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、前記第 1 の磁性層に磁界を印加する縦バイアス層と、を有し、前記第 1 の非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記第 1 の非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とす

る。

【 0 0 4 4 】

また、前記第 1 の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記フリー層の長さ以上であることが好ましく、前記第 2 の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記フリー層の長さ以上であることが好ましい。

【 0 0 4 5 】

更に、前記固定層の下に前記固定層の磁化方向を固定する固定化層を設けてもよい。

【 0 0 4 6 】

更にまた、前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層との間の磁気的カップリングを反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングとすることができる。更に、前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層との間に第 2 の非磁性層を設けてもよい。同様に、前記第 2 の磁性層と前記フリー層との間の磁気的カップリングを反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングとすることができる。更に、前記第 2 の磁性層と前記フリー層との間に第 3 の非磁性層を設けてもよい。

【 0 0 4 7 】

更にまた、前記第 1 の磁性層における飽和磁化と膜厚との積が、前記第 2 の磁性層における飽和磁化と膜厚との積に実質的に等しいことが好ましく、前記第 1 の磁性層、前記第 2 の非磁性層及び前記第 2 の磁性層からなる 3 層膜が積層反強磁性体であることが好ましい。

【 0 0 4 8 】

更にまた、前記第 1 の磁性層の少なくとも一部は縦バイアス層に直接接触していることが好ましい。又は、前記第 1 の磁性層の下に磁性層下地層を設け、この磁性層下地層が縦バイアス層に接触するようにしてもよく、縦バイアス層の上に縦バイアス層保護層を設け縦バイアス保護層が前記磁性層又は前記磁性層下地層に接触するようにしてもよい。同様に、前記第 2 の磁性層の少なくとも一部は縦バイアス層に直接接触していることが好ましい。又は、前記第 2 の磁性層の上に上部層を設け、この上部層が縦バイアス層に接触するようにしてもよく、縦バイ

アス層の下に縦バイアス層下地層を設け縦バイアス層下地層が前記磁性層又は前記上部層に接触するようにしてもよい。

## 【 0 0 4 9 】

本発明に係る更に他の磁気抵抗効果素子は、下部導電層と、この下部導電層上に設けられた縦バイアス層と、この縦バイアス層上に設けられた第1の磁性層と、この第1の磁性層上に設けられこの第1の磁性層と磁氣的にカップリングする第2の磁性層と、この第2の磁性層上に設けられこの第2の磁性層と磁氣的にカップリングし印加される磁界によって磁化方向が変化するフリー層と、このフリー層上に設けられた第1の非磁性層と、この第1の非磁性層上に設けられ磁化方向が固定された固定層と、を有し、前記第1の非磁性層の電気抵抗値変化を検出するセンス電流が前記第1の非磁性層に実質的に垂直に流れることを特徴とする。

## 【 0 0 5 0 】

また、前記第1の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記フリー層の長さ以上であることが好ましく、前記第2の磁性層は、前記縦バイアス層により印加される磁界方向における長さが前記フリー層の長さ以上であることが好ましい。更に、前記縦バイアス層の下に縦バイアス層下地層を設けてもよい。

## 【 0 0 5 1 】

更にまた、前記第1の磁性層と前記第2の磁性層との間の磁氣的カップリングを反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングとすることができる。更に、前記第1の磁性層と前記第2の磁性層との間に第2の非磁性層を設けてもよい。同様に、前記第2の磁性層と前記フリー層との間の磁氣的カップリングを反強磁性的カップリング又は強磁性的カップリングとすることができる。更に、前記第2の磁性層と前記フリー層との間に第3の非磁性層を設けてもよい。

## 【 0 0 5 2 】

更にまた、前記第1の磁性層における飽和磁化と膜厚との積が、前記第2の磁性層における飽和磁化と膜厚との積に実質的に等しいことが好ましく、前記第1の磁性層、前記第2の非磁性層及び前記第2の磁性層からなる3層膜が積層反強

磁性体であることが好ましい。

【 0 0 5 3 】

更にまた、前記第 1 の磁性層の少なくとも一部は縦バイアス層に直接接触していることが好ましい。又は、前記第 1 の磁性層の下に磁性層下地層を設け、この磁性層下地層が縦バイアス層に接触するようにしてもよく、縦バイアス層の上に縦バイアス層保護層を設け縦バイアス保護層が前記磁性層又は前記磁性層下地層に接触するようにしてもよい。同様に、前記第 2 の磁性層の少なくとも一部は縦バイアス層に直接接触していることが好ましい。又は、前記第 2 の磁性層の上に上部層を設け、この上部層が縦バイアス層に接触するようにしてもよく、縦バイアス層の下に縦バイアス層下地層を設け縦バイアス層下地層が前記磁性層又は前記上部層に接触するようにしてもよい。

【 0 0 5 4 】

本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドは、前記磁気抵抗効果素子と、この磁気抵抗効果素子の基材となる下シールド層と、前記磁気抵抗効果素子上に設けられ前記磁気抵抗効果素子にこの磁気抵抗効果素子の電気抵抗値変化を検出するセンス電流を入力するための上部導電層と、この上部導電層上に設けられた上シールド層と、を有することを特徴とする。

【 0 0 5 5 】

本発明に係る磁気抵抗変換システムは、前記磁気抵抗効果ヘッドと、前記磁気抵抗効果ヘッドにセンス電流を供給する電流発生回路と、前記磁気抵抗効果ヘッドの電気抵抗変化を検出して前記磁気抵抗効果ヘッドに印加された磁界を求めるデータ読取回路と、を有することを特徴とする。

【 0 0 5 6 】

本発明に係る磁気記録システムは、前記磁気抵抗変換システムと、この磁気抵抗変換システムによりデータを記録及び再生する複数個のトラックを有する磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体における選択されたトラックが配置されている位置へ前記磁気抵抗変換システムを移動させる第 1 のアクチュエータと、前記トラックを回転駆動させる第 2 のアクチュエータと、を有することを特徴とする。

【 0 0 5 7 】



## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例について添付の図面を参照して具体的に説明する。なお、本発明の実施例において使用する部分断面図は、全て磁気抵抗効果ヘッドをエア・ベアリング表面に平行に切断した部分断面図である。また、本発明の実施例において、層等を「パターン化する」という表現は、図示されている断面における図示されている領域内においてエッチング等の手段により層等の一部を残し一部を除去することを指し、図示されない断面又は領域においてエッチング等の手段により層等の一部を残し一部を除去することは指さない。即ち、本発明の実施例において、「パターン化する」という記載のない層等であっても、図示されない断面又は領域においてエッチング等の手段により層等の一部を残し一部が除去されている場合もあり得る。

## 【0058】

本発明の第1の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド及びその製造方法について説明する。図1乃至7は、本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

## 【0059】

先ず、図1に示すように、基体(図示せず)上に下シールド層16及び下部導電層1を順次形成する。

## 【0060】

次に、図2に示すように、下部導電層1上に開口部20aを有するフォトレジスト20を形成し、下部導電層1をドライエッチング等の手段によりエッチングし、下部導電層1の表面に凹部1aを形成する。

## 【0061】

次に、図3に示すように、下部導電層1の凹部1a上に、縦バイアス層下地層2a及び縦バイアス層2bを下部導電層1の凹部に部分的に埋め込むように成膜し、その後、フォトレジスト20を取り除く。

## 【0062】

次に、図4に示すように、下部導電層1及び縦バイアス層2b上にフリー層下地層3a、フリー層3b、非磁性層4、固定層5、固定化層6b及び上部層7を

この順に形成し積層する。

【0063】

次に、図5に示すように、上部層7の上面における直下に縦バイアス層2bが配置されていない領域の中央部を覆うようにフォトレジスト21を形成し、フォトレジスト21をマスクとして非磁性層4、固定層5、固定化層6b及び上部層7をドライエッチング等によりエッチングし、エッチングされた部分を埋め込むように絶縁層11を形成する。このとき、上部層7の上面は絶縁層11の上面において露出するようにする。

【0064】

次に、図6に示すように、フォトレジスト21を除去し、下部導電層1、縦バイアス層下地層2a、縦バイアス層2b、フリー層下地層3a、フリー層3b、非磁性層4、固定層5、固定化層6b及び上部層7からなる磁気抵抗効果素子31aを形成する。

【0065】

次に、図7に示すように、上部層7及び絶縁層11上に上部導電層15を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成してこれをマスクとして上部導電層15をドライエッチング等によりパターン化した後に、このフォトレジストを取り除き、その上に上シールド層17を形成し、磁気抵抗効果ヘッド61aを形成する。

【0066】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド61aの構成について説明する。図7に示すように、下シールド層16及び下部導電層1が設けられ、下部導電層1は凹部1aを有し、凹部1aに縦バイアス層下地層2a及び縦バイアス層2bが設けられている。下部導電層1における縦バイアス層下地層2a及び縦バイアス層2bが設けられていない部分及び縦バイアス層2bの上にはフリー層下地層3a及びフリー層3bが設けられている。フリー層3b上には、縦バイアス層2bの直上に配置されないようにパターン化された非磁性層4、固定層5、固定化層6b及び上部層7がこの順に積層されている。

【0067】

また、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 は絶縁層 1 1 に埋め込まれており、上部層 7 の上面は絶縁層 1 1 の上面に露出している。更に、上部層 7 及び絶縁層 1 1 上には上部導電層 1 5 が設けられ、上部導電層 1 5 上には上シールド層 1 7 が設けられている。

## 【 0 0 6 8 】

上記の構造において、下部導電層 1 及び上部導電層 1 5 は、下部導電層 1 と上部導電層 1 5 との間に配置されているフリー層下地層 3 a、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 に対して、積層面に垂直方向にセンス電流を流すための下部電極及び上部電極である。下部導電層 1 及び上部導電層 1 5 を構成する材料としては、Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Pt 及び Ta 等からなる群から選択された 1 種の材料の単体、2 種以上の材料の混合物、2 種以上の材料の化合物又は 2 種以上の材料により構成される多層膜が挙げられる。特に、Au、Ag、Cu、Pt 及び Ta はより有力な候補である。また、基体を構成する材料としては、アルチック、SiC、アルミナ、アルチック、アルミナ、SiC、アルミナが挙げられる。

## 【 0 0 6 9 】

また、縦バイアス層 2 b はフリー層 3 b に縦バイアス磁界を印加するためのものであり、縦バイアス層下地層 2 a は縦バイアス層 2 b の結晶性等の膜質を改善し、縦バイアス層 2 b の磁気特性を良好にするための下地層である。縦バイアス層下地層 2 a を構成する材料としては、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、V、Fe、FeCo、FeCoNi 及び NiFe 等からなる群から選択された 1 種の材料の単体、2 種以上の材料の混合物又は 2 種以上の材料により構成される多層膜が挙げられる。特に、Cr、Fe 及び CoFe はより有力な候補である。また、縦バイアス層 2 b を構成する材料としては、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、Ni 酸化物、NiCo 酸化物、Fe 酸化物、NiFe 酸化物、IrMn、PtMn、PtPdMn、ReMn、Coフェライト及び Baフェライトからなる群から選択された 1 種の材料の単体、2 種以上の材料の混合物又は 2 種以上の材料により構成される

多層膜が挙げられる。特に、CoCrPt、CoCrTa、CoPt、NiMn及びIrMnはより有力な候補である。

#### 【0070】

フリー層3bは磁気抵抗効果ヘッド61aを含む磁気センサに外部磁界が印加されると、その磁界の方向及び大きさに応じて磁化の方向を変える磁性層である。フリー層3bには縦バイアス層2bを介して外部磁界が印加される。また、フリー層下地層3aはフリー層3bの結晶性等の膜質を改善し、フリー層3bの磁気特性を良好にするための下地層である。フリー層下地層3aを構成する材料としては、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb及びVからなる群から選択された1種の材料の単体、2種以上の材料の混合物、2種以上の材料の化合物又は2種以上の材料により構成される多層膜が挙げられる。特に、Ta、Zr及びHfはより有力な候補である。フリー層3bを構成する材料としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb及びCoZrMoNiの合金又はアモルファス磁性材料が挙げられる。添加元素として、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb及びVからなる群より選択された1種以上の元素を使用することもできる。NiFe、(NiFe/CoFe)2層膜、(NiFe/NiFeCo)2層膜及び(NiFe/Co)2層膜はより有力な候補である。

#### 【0071】

固定化層6bは固定層5の磁化方向を固定するための層であり、固定化層下地層6aは固定化層6bの結晶性等の膜質を改善し、固定化層6bの磁気特性を良好にするための下地層である。また、固定層5は固定化層6bにより磁化方向が固定されている層である。

#### 【0072】

固定化層下地層6aを構成する材料としては、Ta、Hf、Zr、W、Cr、

Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb及びVからなる群から選択された1種の材料の単体、2種以上の材料の混合物、2種以上の材料の化合物又は2種以上の材料により構成される多層膜が挙げられる。特に、Ta、Zr及びHfは有力な候補である。また、固定化層6bを構成する材料としては、FeMn、NiMn、IrMn、RhMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、PtCrMn、CrMn、CrAl、TbCo、CoCr、CoCrPt、CoCrTa及びPtCo等を使用することができる。特に、PtMn又はPtMnにTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si及びAlのうち少なくとも1種の元素を添加した材料は有力な候補である。

## 【0073】

固定層5を構成する材料としては、NiFe、Co、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb及びCoZrMoNiの合金又はアモルファス磁性材料を使用することができる。また、これらの材料と、Ti、V、Cr、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ra、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al及びNiからなる群より選択された少なくとも1種の金属又はその合金とを組み合わせた積層膜を使用することも可能である。特に、(Co/Ru/Co)、(CoFe/Ru/CoFe)、(CoFeNi/Ru/CoFeNi)、(Co/Cr/Co)、(CoFe/Cr/CoFe)及び(CoFeNi/Cr/CoFeNi)各3層膜は有力な候補である。

## 【0074】

非磁性層4はフリー層3bと固定層5との間に配置され、フリー層3bの磁化方向と固定層5の磁化方向とのなす角度に応じて、電気抵抗値が変化する層である。非磁性層4を構成する材料としては、金属、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物又は金属と酸化物との多層膜、金属と窒化物との多層膜、金属と酸化物及び窒化物の混合物との多層膜を使用する。このとき、金属はTi、V、Cr

、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re及びVからなる群より選択された少なくとも1種以上の金属であり、酸化物はこれらの金属の酸化物であり、窒化物はこれらの金属の窒化物である。特に、Alの酸化物及びCuは有力な候補である。

## 【0075】

また、上部層7はその下に配置されている層が、磁気抵抗効果ヘッド61aの製造プロセス中及び使用環境中において腐食されることを防止する層である。上部層7を構成する材料としては、Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Pt、Zr、Hf、V、Nb、Ta及びRuからなる群から選択された1種の材料の単体、2種以上の材料の混合物、2種以上の材料の化合物又は2種以上の材料により構成される多層膜が挙げられる。特に、Ta、Zr及びTiは有力な候補である。

## 【0076】

更に、絶縁層11は非磁性層4を流れるセンス電流が漏洩することを防止する層である。絶縁層11を構成する材料としては、Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン又はダイヤモンドライクカーボンからなる単体、これらの混合物及びこれらにより構成される多層膜が挙げられる。

## 【0077】

更にまた、下シールド層16及び上シールド層17を構成する材料としては、NiFe、CoZr、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト及びMgZnフェライトからなる群から選択された1種の材料の単体、2種以上の材料の混合物又は2種以上の材料により構成される多層膜が挙げられる。

## 【0078】

次に、磁気抵抗効果ヘッド61aの動作について説明する。磁気抵抗効果ヘッド61aに外部から磁界が印加されると、縦バイアス層2bを介してフリー層3

bに磁界が印加され、印加される磁界の方向及び大きさに応じてフリー層3bの磁化の方向が変わる。このとき、固定層5は固定化層6bにより磁化方向が固定されているため、固定層5の磁化方向とフリー層3bの磁化方向との間に変化が生じ、非磁性層4の電気抵抗値が変化する。この状態において、下部導電層1及び上部導電層15により非磁性層4に垂直な方向にセンス電流を流し、非磁性層4の電気抵抗値を測定することにより、外部の磁界を検出することができる。

## 【0079】

本実施例の効果について説明する。本実施例の磁気抵抗効果ヘッド61aにおいては、図7に示すように、フリー層3bの長さが固定層5の長さよりも長くなっており、フリー層3bのみが縦バイアス層2bの近傍に配置されている。これにより、縦バイアス層2bはフリー層3bに確実に効果的に磁界を印加できると共に、固定層5からセンス電流が縦バイアス層2bに漏洩することを防止することができる。これにより、印加されたセンス電流のほぼ全てが非磁性層4に流れ、磁気抵抗効果ヘッド61aの性能が向上する。

## 【0080】

また、パターン化された縦バイアス層下地層2a及び縦バイアス層2bの膜厚方向の一部が下部導電層1の凹部1aに埋め込まれているために、縦バイアス層下地層2a及び縦バイアス層2bのパターンの端部における傾斜が緩やかになり、縦バイアス層2bからフリー層3bに縦バイアス磁界をより有効に印加することができる。

## 【0081】

図8及び図9は、本実施例における磁気抵抗効果素子の変形例を示す部分断面図である。図8はフリー層3bがパターン化され、フリー層3bの端部が縦バイアス層2bの端部に接触している磁気抵抗効果素子31bを示している。

## 【0082】

また、図9はフリー層3bがパターン化され、フリー層3bの端部が縦バイアス層2b上に重なっている磁気抵抗効果素子31cを示している。図8及び図9に示した磁気抵抗効果素子31b及び31cによっても、磁気抵抗効果素子31aと同様に磁気抵抗効果ヘッドを構成することができる。

## 【 0 0 8 3 】

なお、本実施例においては、非磁性層 4 が固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 と共にパターン化された例を示したが、非磁性層 4 はフリー層 3 b のように広がっていてもよいし、また、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 のパターンよりも大きく且つフリー層 3 b のパターンよりも小さくなるようにパターン化されてもよい。

## 【 0 0 8 4 】

また、縦バイアス層下地層 2 a、フリー層下地層 3 a 及び上部層 7 は省略されてもよく、縦バイアス層 2 b 上に縦バイアス層の保護層を設けることもできる。

## 【 0 0 8 5 】

更に、本実施例においては、下シールド層 1 6 と下部導電層 1 とを別に設ける例を示したが、下シールド層 1 6 と下部導電層 1 とは共通の層であってもよい。この場合は、下部導電層 1 が省略される。また、上シールド 1 7 と上部導電層 1 5 とが共通の層であってもよい。この場合は、上部導電層 1 5 が省略される。これにより、上下シールド層間のギャップを小さくすることができる。更に、上部導電層 1 5 と上シールド層 1 7 との間に上ギャップ層を設けてもよく、下シールド層 1 6 と下部導電層 1 との間に下ギャップ層を設けてもよい。

## 【 0 0 8 6 】

次に、本発明の第 2 の実施例について説明する。図 1 0 乃至 1 8 は本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

## 【 0 0 8 7 】

先ず、図 1 0 に示すように、基体(図示せず)上に下シールド層 1 6 及び下部導電層 1 を順次形成する。

## 【 0 0 8 8 】

次に、図 1 1 に示すように、下部導電層 1 上に開口部 2 0 a を有するフォトレジスト 2 0 を形成し、下部導電層 1 をドライエッチング等の手段によりエッチングし、下部導電層 1 の表面に凹部 1 a を形成する。

## 【 0 0 8 9 】

次に、図 1 2 に示すように、フォトレジスト 2 0 を除去した後、下部導電層 1



上に縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b を成膜する。

【0090】

次に、図 1 3 に示すように、縦バイアス層 2 b 上における直下に凹部 1 a が配置されている領域を覆い直下に凹部 1 a が配置されていない領域に開口部 2 1 a を有するようにフォトレジスト 2 1 を形成する。次いで、フォトレジスト 2 1 をマスクとしてドライエッチング等の手段により縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b をエッチングし、これらをパターン化する。

【0091】

次に、図 1 4 に示すように、下部導電層 1 及び縦バイアス層 2 b 上にフリー層下地層 3 a、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をこの順に形成し積層する。

【0092】

次に、図 1 5 に示すように、上部層 7 上における直下に縦バイアス層 2 b が配置されていない領域を覆うようにフォトレジスト 2 2 を設け、フォトレジスト 2 2 をマスクとして、ドライエッチング等の手段によりフリー層下地層 3 a、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をパターン化する。

【0093】

次に、図 1 6 に示すように、フォトレジスト 2 2 を除去し、上部層 7 上に上部層 7 の中央部を覆うようにフォトレジスト 2 3 を形成し、フォトレジスト 2 3 をマスクとして、ドライエッチング等の手段により非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をパターン化する。

【0094】

次に、図 1 7 に示すように、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 のパターンの周囲を絶縁層 1 1 により埋め込み、磁気抵抗効果素子 3 2 a を形成する。

【0095】

次に、図 1 8 に示すように、フォトレジスト 2 3 を除去した後、上部層 7 及び絶縁層 1 1 上に上部導電層 1 5 を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成し

、このフォトレジストをマスクとして上部導電層 1 5 をドライエッチング等の手段によりパターン化した後に、このフォトレジストを取り除き、その上に上シールド層 1 7 を形成し、磁気抵抗効果ヘッド 6 2 a を形成する。

## 【 0 0 9 6 】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド 6 2 a の構成について説明する。図 1 8 に示すように、本実施例の磁気抵抗効果ヘッド 6 2 a は、図 7 に示した第 1 の実施例における磁気抵抗効果ヘッド 6 1 a と比較して、フリー層下地層 3 a 及びフリー層 3 b の形状が異なる。本実施例においては、フリー層下地層 3 a 及びフリー層 3 b の端部は、縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b の端部と同一の高さにあり、互いに接触している。本実施例における磁気抵抗効果ヘッド 6 2 a において、フリー層下地層 3 a 及びフリー層 3 b の形状以外の構成及び動作は、前記第 1 の実施例における磁気抵抗効果ヘッド 6 1 a と同一である。

## 【 0 0 9 7 】

なお、本実施例においては、非磁性層 4 が固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 と共にパターン化された例を示したが、第 1 の実施例と同様に、非磁性層 4 はフリー層 3 b のように広がっていてもよいし、また、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 のパターンよりも大きく且つフリー層 3 b のパターンよりも小さくなるようにパターン化されてもよい。

## 【 0 0 9 8 】

また、本実施例においては、上部導電層 1 5 がパターン化されている例を示したが、上部導電層 1 5 はパターン化されずに広がっていてもよい。

## 【 0 0 9 9 】

次に、本発明の第 3 の実施例について説明する。図 1 9 乃至 2 5 は本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

## 【 0 1 0 0 】

先ず、図 1 9 に示すように、基体(図示せず)上に下シールド層 1 6 及び下部導電層 1 を順次形成する。

## 【 0 1 0 1 】

次に、図 2 0 に示すように、下部導電層 1 上に開口部 2 0 a を有するフォトレ

ジスト 2 0 を形成し、下部導電層 1 をドライエッチング等の手段によりエッチングし、下部導電層 1 の表面に凹部 1 a を形成する。

【0 1 0 2】

次に、図 2 1 に示すように、フォトレジスト 2 0 をマスクとして、縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b を下部導電層 1 の凹部 1 a に部分的に埋め込むように成膜し、フォトレジスト 2 0 を除去する。

【0 1 0 3】

次に、図 2 2 に示すように、下部導電層 1 及び縦バイアス層 2 b 上にフリー層下地層 3 a、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をこの順に形成し積層する。

【0 1 0 4】

次に、図 2 3 に示すように、上部層 7 の上面における直下に縦バイアス層 2 b が配置されていない領域の中央部を覆うようにフォトレジスト 2 1 を設け、フォトレジスト 2 1 をマスクとして、ドライエッチング等の手段により非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をパターン化し、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 の周囲を絶縁層 1 1 により埋め込む。

【0 1 0 5】

次に、図 2 4 に示すように、フォトレジスト 2 1 を除去し、上部層 7 及び絶縁層 1 1 上におけるフォトレジスト 2 1 が設けられていた位置にフォトレジスト 2 1 よりも広い領域を覆うようにパターン化されたフォトレジスト 2 2 を形成し、フォトレジスト 2 2 をマスクとして、ドライエッチング等の手段によりフリー層下地層 3 a、フリー層 3 b 及び絶縁層 1 1 をエッチングしパターン化する。次いで、このエッチングされた領域を絶縁層 1 1 b により埋め込み、磁気抵抗効果素子 3 2 b を形成する。

【0 1 0 6】

次に、図 2 5 に示すように、フォトレジスト 2 2 を除去した後、上部層 7、絶縁層 1 1 及び絶縁層 1 1 b 上に上部導電層 1 5 を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成し、このフォトレジストにより上部導電層 1 5 をドライエッチング等の手段によりパターン化した後に、このフォトレジストを取り除き、その上に

上シールド層 1 7 を形成し、磁気抵抗効果ヘッド 6 2 b を形成する。

【0 1 0 7】

本実施例において形成された磁気抵抗効果ヘッド 6 2 b は、絶縁層 1 1 及び 1 1 b が 2 回の工程により形成されている点以外は、第 2 の実施例における磁気抵抗効果ヘッド 6 2 a と構成及び動作が同一である。

【0 1 0 8】

次に、本発明の第 4 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド及びその製造方法について説明する。図 2 6 乃至 2 8 は、本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

【0 1 0 9】

先ず、第 1 の実施例において図 1 乃至 3 に示した工程により、図 3 に示すような積層体を形成する。

【0 1 1 0】

次に、図 2 6 に示すように、下部導電層 1 及び縦バイアス層 2 b 上に磁性層下地層 8 a、磁性層 8 b、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、第 1 の非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をこの順に形成し積層する。

【0 1 1 1】

次に、図 2 7 に示すように、上部層 7 の上面における直下に縦バイアス層 2 b が配置されていない領域の一部を覆うようにフォトレジスト 2 1 を形成し、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、第 1 の非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をドライエッチング等によりエッチングし、エッチングされた部分を埋め込むように絶縁層 1 1 を形成し、下シールド層 1 6 上に磁気抵抗効果素子 3 3 a を形成する。

【0 1 1 2】

次に、図 2 8 に示すように、フォトレジスト 2 1 を除去し、上部層 7 及び絶縁層 1 1 上に上部導電層 1 5 を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成して上部導電層 1 5 をドライエッチング等によりパターン化した後に、このフォトレジストを取り除き、その上に上シールド層 1 7 を形成し、磁気抵抗効果ヘッド 6 3 a を形成する。

## 【 0 1 1 3 】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド 6 3 a の構成について説明する。図 2 8 に示すように、磁気抵抗効果ヘッド 6 3 a の特徴は、フリー層 3 b の下に非磁性層 9 を介して非磁性層 8 b が設けられている点である。

## 【 0 1 1 4 】

図 2 8 に示すように、基体(図示せず)上に下シールド層 1 6 及び下部導電層 1 が設けられ、下部導電層 1 は凹部 1 a を有し、凹部 1 a に縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b が設けられている。下部導電層 1 における縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b が設けられていない部分及び縦バイアス層 2 b の上には、磁性層下地層 8 a 及び磁性層 8 b が設けられている。磁性層 8 b 上には、縦バイアス層 2 b の直上に配置されないようにパターン化された第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、第 1 の非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 がこの順に積層されている。

## 【 0 1 1 5 】

また、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、第 1 の非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 は絶縁層 1 1 に埋め込まれており、上部層 7 の上面は絶縁層 1 1 の上面に露出している。更に、上部層 7 及び絶縁層 1 1 上にはパターン化された上部導電層 1 5 が設けられ、上部導電層 1 5 上には上シールド層 1 7 が設けられている。

## 【 0 1 1 6 】

上記の構造において、磁性層 8 b は縦バイアス層 2 b により印加される縦バイアス磁界を強磁性的カップリング、反強磁性的カップリング又は静磁性的カップリング等の磁気的カップリングによりフリー層 3 b に伝えるためのものである。また、第 2 の非磁性層 9 はその構成材料及び膜厚により、磁性層 8 b とフリー層 3 b との間の磁気的カップリングを制御するためのものである。磁性層下地層 8 a は磁性層 8 b の結晶性等の膜質を改善し、磁性層 8 b の磁気特性を良好にするための下地層である。なお、第 1 の非磁性層 4 はトンネル電流を流すためのものであり絶縁層であるが、第 2 の非磁性層 9 は磁性層 8 b とフリー層 3 b との間の磁気的カップリングを制御するためのものであり導電層である。

## 【0117】

磁性層8bを構成する材料としては、NiFe、Co、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi等の合金又はアモルファス磁性材料からなる単層膜、混合物膜又は多層膜を使用する。特に、NiFe、Co、CoFe、NiFeCo又はFeCoは有力な候補である。また、添加元素として、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb及びVからなる群から選択された1種以上の元素を使用することもできる。

## 【0118】

第2の非磁性層9を構成する材料としては、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re及びVからなる群から選択された1種の材料の単体、2種以上の材料の混合物、2種以上の材料の化合物又は2種以上の材料により構成される多層膜を使用する。特に、Ru及びCrは有力な候補である。

## 【0119】

磁性層下地層8aを構成する材料としては、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb及びVからなる群から選択された1種の材料の単体、2種以上の材料の混合物、2種以上の材料の化合物又は2種以上の材料により構成される多層膜が挙げられる。特に、Ta及びZrはより有力な候補である。

## 【0120】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド63aにおける他の層の構成材料及び機能は、前記第1の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド61aにおける各層の構成材料及び機能と同一である。

## 【0121】

次に、磁気抵抗効果ヘッド63aの動作について説明する。磁気抵抗効果ヘッ

ド 6 3 a に外部から磁界が印加されると、縦バイアス層 2 b を介して磁性層 8 b に磁界が印加される。次に、磁性層 8 b から第 2 の非磁性層 9 を介して、縦バイアス磁界が強磁性的カップリング、反強磁性的カップリング又は静磁性的カップリング等の磁気的カップリングによりフリー層 3 b に印加される。このとき、この磁界の方向及び大きさに応じてフリー層 3 b の磁化の方向が変わる。固定層 5 は固定化層 6 b により磁化方向が固定されているため、固定層 5 の磁化方向とフリー層 3 b の磁化方向との間に変化が生じ、非磁性層 4 の電気抵抗値が変化する。この状態において、下部導電層 1 及び上部導電層 1 5 により非磁性層 4 に垂直な方向にセンス電流を流し、非磁性層 4 の電気抵抗値を測定することにより、外部の磁界を検出することができる。

#### 【 0 1 2 2 】

本実施例の効果について説明する。本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド 6 3 a においては、二段階のプロセスを通して縦バイアス磁界が縦バイアス層 2 b からフリー層 3 b に印加されるため、縦バイアス磁界の印加が確実となると共に、磁界印加量の制御が容易になる。また、図 2 8 に示すように、フリー層 3 b 及び固定層 5 は縦バイアス層 2 b の近傍には配置されず、磁性層 8 b のみが縦バイアス層 2 b の近傍に配置されている。これにより、縦バイアス層 2 b は磁性層 8 b に確実且つ効果的に磁界を印加できると共に、フリー層 3 b 又は固定層 5 からセンス電流が縦バイアス層 2 b に漏洩することを防止することができる。

#### 【 0 1 2 3 】

図 2 9 及び図 3 0 は、本実施例における磁気抵抗効果素子の変形例を示す部分断面図である。図 2 9 は磁性層 8 b がパターン化され、磁性層 8 b の端部が縦バイアス層 2 b の端部に接触している磁気抵抗効果素子 3 3 b を示している。

#### 【 0 1 2 4 】

また、図 3 0 は磁性層 8 b がパターン化され、磁性層 8 b の端部が縦バイアス層 2 b 上に重なっている磁気抵抗効果素子 3 3 c を示している。図 2 9 及び図 3 0 に示した磁気抵抗効果素子 3 3 b 及び 3 3 c によっても、磁気抵抗効果ヘッドを構成することができる。

#### 【 0 1 2 5 】

なお、本実施例においては、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b 及び非磁性層 4 が固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 と共にパターン化された例を示したが、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b 及び非磁性層 4 は磁性層 8 b のように広がっていてもよいし、また、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 のパターンよりも大きく且つ磁性層 8 b のパターンよりも小さくなるようにパターン化されてもよい。また、第 2 の非磁性層 9 のパターンがフリー層 3 b のパターンよりも広がっていてもよく、フリー層 3 b のパターンが非磁性層 4 よりも広がっていてもよい。

【0126】

また、縦バイアス層下地層 2 a、磁性層下地層 8 a、第 2 の非磁性層 9 及び上部層 7 は省略されていてもよく、縦バイアス層 2 a 上に縦バイアス層の保護層を設けることもできる。

【0127】

更に、本実施例においては、下シールド層 1 6 と下部導電層 1 とを別に設ける例を示したが、前記第 1 乃至第 3 の実施例と同様に、下シールド層 1 6 と下部導電層 1 とは共通の層であってもよい。この場合は、下部導電層 1 が省略される。また、上シールド 1 7 と上部導電層 1 5 とが共通の層であってもよい。この場合は、上部導電層 1 5 が省略される。これにより、上下シールド層間のギャップを小さくすることができる。更に、上部導電層 1 5 と上シールド層 1 7 との間に上ギャップ絶縁層を設けてもよく、下シールド層 1 6 と下部導電層 1 との間に下ギャップ絶縁層を設けてもよい。

【0128】

次に、本発明の第 5 の実施例について説明する。図 3 1 乃至 3 4 は本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

【0129】

先ず、前記第 2 の実施例における図 1 0 乃至 1 3 に示した工程により、図 1 3 に示されているような積層体を形成する。

【0130】

次に、図 3 1 に示すように、フォトレジスト 2 1 を除去し、下部導電層 1 の露出部分及び縦バイアス層 2 b 上に磁性層下地層 8 a、磁性層 8 b、第 2 の非磁性



層 9、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をこの順に形成し積層する。

#### 【0 1 3 1】

次に、図 3 2 に示すように、上部層 7 の上面における直下に縦バイアス層 2 b が配置されていない領域を覆うようにフォトレジスト 2 2 を設け、フォトレジスト 2 2 をマスクとして、ドライエッチング等の手段により磁性層下地層 8 a、磁性層 8 b、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をパターン化する。

#### 【0 1 3 2】

次に、図 3 3 に示すように、フォトレジスト 2 2 を除去し、上部層 7 上に上部層 7 の中央部を覆うようにフォトレジスト 2 3 を形成し、フォトレジスト 2 3 をマスクとして、ドライエッチング等の手段により第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をパターン化し、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 のパターンの周囲を絶縁層 1 1 により埋め込み、下部導電層 1 6 上に磁気抵抗効果素子 3 4 a を形成する。

#### 【0 1 3 3】

次に、図 3 4 に示すように、フォトレジスト 2 3 を除去した後、上部層 7 及び絶縁層 1 1 上に上部導電層 1 5 を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成し、ドライエッチング等の手段により上部導電層 1 5 をパターン化した後に、このフォトレジストを取り除き、その上に上シールド層 1 7 を形成し、磁気抵抗効果ヘッド 6 4 a を形成する。

#### 【0 1 3 4】

本実施例における磁気抵抗効果ヘッド 6 4 a の構成について説明する。図 3 4 に示すように、本実施例の磁気抵抗効果ヘッド 6 4 a は、図 2 8 に示した第 4 の実施例における磁気抵抗効果ヘッド 6 3 a と比較して、磁性層下地層 8 a 及び磁性層 8 b の形状が異なる。本実施例においては、磁性層下地層 8 a 及び磁性層 8 b パターン化され、それらの端部は縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b の端部と同一の高さにあり、互いに接触している。本実施例における磁気抵抗

効果ヘッド 6 4 a において、磁性層下地層 8 a 及び磁性層 8 b の形状以外の構成動作及び効果は、前記第 4 の実施例における磁気抵抗効果ヘッド 6 3 a と同一である。

## 【 0 1 3 5 】

なお、本実施例においては、非磁性層 4 が固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 と共にパターン化された例を示したが、前記第 4 の実施例と同様に、非磁性層 4 はフリー層 3 b のように広がっていてもよいし、また、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 のパターンよりも大きく且つフリー層 3 b のパターンよりも小さくなるようにパターン化されてもよい。また、第 2 の非磁性層 9 のパターンは磁性層 8 b のパターンよりも広がっていてもよく、磁性層 8 b のパターンが非磁性層 4 よりも広がっていてもよい。

## 【 0 1 3 6 】

また、本実施例においては、上部導電層 1 5 がパターン化されている例を示したが、上部導電層 1 5 はパターン化されずに広がっていてもよい。

## 【 0 1 3 7 】

次に、本発明の第 6 の実施例について説明する。図 3 5 乃至 3 9 は本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

## 【 0 1 3 8 】

先ず、前記第 1 の実施例における図 1 及び図 2 に示した工程により、図 2 に示されているような積層体を形成する。

## 【 0 1 3 9 】

次に、図 3 5 に示すように、フォトリジスト 2 0 を除去し、下部導電層 1 上に磁性層下地層 8 a、磁性層 8 b、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をこの順に形成し積層する。

## 【 0 1 4 0 】

次に、図 3 6 に示すように、上部層 7 の上面における直下に下部導電層 1 の凹部 1 a が配置されていない領域の中央部分を覆うようにフォトリジスト 2 1 を設け、フォトリジスト 2 1 をマスクとして、ドライエッチング等の手段により第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層

7をパターン化し、第2の非磁性層9、フリー層3b、非磁性層4、固定層5、固定化層6b及び上部層7のパターンの周囲を絶縁層11により埋め込む。

#### 【0141】

次に、図37に示すように、フォトリジスト21を除去し、上部層7及び絶縁層11の上面における直下に凹部1aが配置されていない領域を覆うようにフォトリジスト22を形成する。このとき、フォトリジスト21が覆っていた領域はフォトリジスト22が覆う領域に含まれる。

#### 【0142】

次に、図38に示すように、フォトリジスト22をマスクとして、絶縁層11、磁性層下地層8a及び磁性層8bをエッチングしてパターン化し、次いで、縦バイアス下地層2a及び縦バイアス層2bを順に形成し、縦バイアス層2b上に第2の絶縁層11bを形成し、下部導電層16上に磁気抵抗効果素子34bを形成する。

#### 【0143】

次に、図39に示すように、フォトリジスト22を除去した後、上部層7、絶縁層11及び絶縁層11b上に上部導電層15を成膜し、フォトリジスト（図示せず）を形成し、ドライエッチング等の手段により上部導電層15をパターン化した後に、フォトリジストを取り除き、その上に上シールド層17を形成し、磁気抵抗効果ヘッド64bを形成する。

#### 【0144】

本実施例において形成された磁気抵抗効果ヘッド64bは、絶縁層11及び11bが2回の工程により形成されている点以外は、第5の実施例における磁気抵抗効果ヘッド64aと構成及び動作が同一である。

#### 【0145】

次に、本発明の第7の実施例について説明する。図40乃至46は本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

#### 【0146】

先ず、図40に示すように、基体（図示せず）上に下シールド層16及び下部導電層1を順次形成する。

## 【 0 1 4 7 】

次に、図 4 1 に示すように、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 をこの順に形成し積層する。

## 【 0 1 4 8 】

次に、図 4 2 に示すように、第 2 の非磁性層 9 上にパターン化されたフォトレジスト 2 0 を形成し、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 をドライエッチング等の手段によりパターン化し、パターン化された固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 からなるパターン 2 9 a を形成する。

## 【 0 1 4 9 】

次に、図 4 3 に示すように、パターン 2 9 a を埋め込むように絶縁層 1 1 を形成する。このとき、絶縁層 1 1 の高さはパターン 2 9 a の近傍においてはパターン 2 9 a の高さと同しくし、パターン 2 9 a から一定の距離を隔てた位置ではパターン 2 9 a の高さよりもやや低くし、それらの間を滑らかな傾斜でつなぐようにする。

## 【 0 1 5 0 】

次に、図 4 4 に示すように、絶縁層 1 1 上に縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b を形成する。このとき、縦バイアス層 2 b の厚さを絶縁層 1 1 の傾斜に沿って変化させ、パターン 2 9 a から一定の距離を隔てた位置においては縦バイアス層 2 b の厚さを厚くし、パターン 2 9 a に近づくほど薄くなるようにする。

## 【 0 1 5 1 】

次に、図 4 5 に示すように、フォトレジスト 2 0 を取り除き、縦バイアス層 2 b 上に磁性層 8 及び上部層 7 を形成し、磁気抵抗効果素子 3 5 a を形成する。

## 【 0 1 5 2 】

次に、図 4 6 に示すように、上部層 7 上に上部導電層 1 5 を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成し、ドライエッチング等の手段により上部導電層 1 5

をパターン化した後に、フォトレジストを取り除き、その上に上シールド層 1 7 を形成し、磁気抵抗効果ヘッド 6 5 a を形成する。

#### 【0 1 5 3】

次に、本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド 6 5 a の構成について説明する。図 4 6 に示すように、下シールド層 1 6 が設けられ、下シールド層 1 6 上に下部導電層 1 が設けられている。下部導電層 1 上にはパターン化された固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 からなるパターン 2 9 a が形成されている。パターン 2 9 の周囲には絶縁層 1 1 が配置され、パターン 2 9 a は絶縁層 1 1 により埋め込まれている。

#### 【0 1 5 4】

パターン 2 9 a の近傍においては絶縁層 1 1 の上面はパターン 2 9 a の上面と等しく、パターン 2 9 a から一定の距離を隔てた位置では絶縁層 1 1 の上面はパターン 2 9 a の上面よりもやや低くなっており、それらの間は滑らかな傾斜になっている。この絶縁層 1 1 の上面の形状に沿うように、絶縁層 1 1 上に縦バイアス層 2 b が膜厚方向の少なくとも一部が絶縁層 1 1 に埋め込まれるように設けられており、縦バイアス層 2 b の厚さはパターン 2 9 a から一定の距離を隔てた位置においては厚く、パターン 2 9 a に近づくほど薄くなっている。縦バイアス層 2 b 上及びパターン 2 9 a 上には、磁性層 8 及び上部層 7 が設けられている。

#### 【0 1 5 5】

上部層 7 上にはパターン化された上部導電層 1 5 が設けられ、その上には上シールド層 1 7 が設けられている。

#### 【0 1 5 6】

次に本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド 6 5 a の動作について説明する。磁気抵抗効果ヘッド 6 5 a に外部から磁界が印加されると、縦バイアス層 2 b を介して磁性層 8 b に磁界が印加される。次に、磁性層 8 b から第 2 の非磁性層 9 を介して、縦バイアス磁界が強磁性的カップリング、反強磁性的カップリング又は静磁性的カップリング等の磁気的カップリングによりフリー層 3 b に印加される。このとき、この磁界の方向及び大きさに応じてフリー層 3 b の磁化の方向が変わる。固定層 5 は固定化層 6 b により磁化方向が固定されているため、固定層 5 の

磁化方向とフリー層 3 b の磁化方向との間に変化が生じ、非磁性層 4 の電気抵抗値が変化する。この状態において、下部導電層 1 及び上部導電層 1 5 により非磁性層 4 に垂直な方向にセンス電流を流し、非磁性層 4 の電気抵抗値を測定することにより、外部の磁界を検出することができる。

## 【 0 1 5 7 】

本実施例の効果について説明する。本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド 6 5 a においては、二段階のプロセスを通して縦バイアス磁界が縦バイアス層 2 b からフリー層 3 b に印加されるため、縦バイアス磁界の印加が確実となると共に、磁界印加量の制御が容易になる。

## 【 0 1 5 8 】

なお、本実施例においては、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 はいずれも同じようにパターン化された例を示したが、パターン化は少なくともフリー層 3 b において行われていればよく、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5 及び第 1 の非磁性層 4 はパターン化されていなくてもよい。また、固定化層下地層 6 a のパターンが固定化層 6 b のパターンより大きくてもよく、固定化層 6 b のパターンが固定層 5 のパターンより大きくてもよく、固定層 5 のパターンが第 1 の非磁性層 4 のパターンより大きくてもよく、第 1 の非磁性層 4 のパターンがフリー層 3 b のパターンより大きくてもよい。また、本実施例においては絶縁層 1 1 の上面がフリー層 3 b のパターンの上面よりも低い例を示したが、絶縁層 1 1 の上面はフリー層 3 b のパターンの上面と同じ高さであってもよく、フリー層 3 b のパターンの上面より高くてもよい。

## 【 0 1 5 9 】

図 4 7 乃至 5 4 は本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果素子の構成を示す部分断面図である。図 4 7 に示す磁気抵抗効果素子 3 5 b においては、図 4 6 に示す磁気抵抗効果素子 3 5 a と比較して、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5 及び第 1 の非磁性層 4 がパターン化されていない点が異なっている。第 1 の非磁性層 4 上にはパターン化されたフリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 が設けられ、これらのパターンは絶縁層 1 1 により埋め込まれている。固定化層下地層 6

a、固定化層 6 b、固定層 5 及び第 1 の非磁性層 4 の形状以外の構造は、磁気抵抗効果素子 3 5 a の構造と同一である。磁気抵抗効果素子 3 5 b の動作も磁気抵抗効果素子 3 5 a の動作と同一である。

## 【 0 1 6 0 】

磁気抵抗効果素子 3 5 b は磁気抵抗効果素子 3 5 a と比較して、製造時における固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5 及び第 1 の非磁性層 4 のエッチング工程を省略できるという利点がある。

## 【 0 1 6 1 】

本変形例においては、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 がパターン化されている例を示したが、パターン化は少なくともフリー層 3 b について行われていればよく、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5 及び第 1 の非磁性層 4 からなる積層体のうち、どこまでパターン化するかは適宜選択することができる。

## 【 0 1 6 2 】

また、図 4 8 に示す磁気抵抗効果素子 3 5 c は、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 がパターン化されている例である。

## 【 0 1 6 3 】

更に、図 4 9 に示す磁気抵抗効果素子 3 5 c は、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 がパターン化されている例である。

## 【 0 1 6 4 】

更にまた、図 5 0 に示す磁気抵抗効果素子 3 5 e は、縦バイアス層 2 b のパターンが第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b、第 2 の非磁性層 9 からなるパターン 2 9 b から離れて設置されている例である。これにより、センス電流が縦バイアス層 2 b に漏洩することをより確実に防止することができる。磁気抵抗効果素子 3 5 e における上記以外の構成及び動作は、図 4 8 に示した磁気抵抗効果素子 3 5 c と同一である。

## 【 0 1 6 5 】

本変形例においては、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 がパターン化されている例を示したが、パターン化は少なくともフリー層 3 b について行われていればよく、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5 及び第 1 の非磁性層 4 か

らなる積層体のうち、どこまでパターン化するかは適宜選択することができる。

【0166】

また、本変形例においては、絶縁層 1 1 の上面がフリー層 3 b のパターンの上面よりも高い例を示したが、絶縁層 1 1 の上面は、フリー層 3 b のパターンの上面と同程度の高さであってもよく、フリー層 3 b のパターンの上面よりも低くてもよい。

【0167】

更に、本変形例においては、磁性層 8 b がパターン化されていない例を示したが、磁性層 8 b は縦バイアス層 2 b から磁性層 8 b に縦バイアス磁界が印加される程度に少なくともその一部が縦バイアス層 2 b の近傍に位置していればよい。

【0168】

図 5 1 に示す磁気抵抗効果素子 3 5 f は、磁性層 8 b のパターンの端部が縦バイアス層 2 b に乗り上げている例である。

【0169】

図 5 2 に示す磁気抵抗効果素子 3 5 g は、磁性層 8 b のパターンの端部が縦バイアス層 2 b のパターンの端部に接している例である。

【0170】

本変形例においては、フリー層 3 b と第 2 の非磁性層 9 は同じようにパターン化されている例を示したが、図 5 3 に示す磁気抵抗効果素子 3 5 h のように、第 2 の非磁性層 9 は縦バイアス層 2 b 上に広がっていてもよい。

【0171】

また、図 5 4 に示す磁気抵抗効果素子 3 5 i のように、第 2 の非磁性層 9 が絶縁層 1 1 上に広がっていてもよい。

【0172】

図 4 7 乃至 5 4 に示した磁気抵抗効果素子 3 5 b、3 5 c、3 5 d、3 5 e、3 5 f、3 5 g、3 5 h 及び 3 5 i についても、磁気抵抗効果素子 3 5 a と同様に磁気抵抗効果ヘッドに使用することができる。

【0173】

なお、本実施例においても、下シールド層 1 6 と下部導電層 1 は同一の層であ



ってもよく、上シールド層 1 7 と上部導電層 1 5 は同一の層であってもよい。また、上部導電層 1 5 と上シールド層 1 7 との間に上ギャップ層を設けてもよく、下シールド層 1 6 と下部導電層 1 との間に下ギャップ層を設けてもよい。

## 【 0 1 7 4 】

また、縦バイアス層下地層 2 a、固定化層下地層 6 a、第 2 の非磁性層 9 及び上部層 7 は省略してもよく、縦バイアス層 2 b 上に縦バイアス層の保護層を設けてもよい。

## 【 0 1 7 5 】

次に、本発明の第 8 の実施例について説明する。図 5 5 乃至 6 1 は本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

## 【 0 1 7 6 】

先ず、図 5 5 に示すように、基体(図示せず)上に下シールド層 1 6 及び下部導電層 1 を順次形成する。

## 【 0 1 7 7 】

次に、図 5 6 に示すように、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層をこの順に形成し積層する。

## 【 0 1 7 8 】

次に、図 5 7 に示すように、第 2 の非磁性層 9 上に開口部 2 0 a を有するフォトレジスト 2 0 を形成し、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 をドライエッチング等の手段によりパターン化し、パターン化された固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 からなるパターン 2 9 c を形成する。

## 【 0 1 7 9 】

次に、図 5 8 に示すように、パターン 2 9 c を埋め込むように絶縁層 1 1 を形成する。

## 【 0 1 8 0 】

次に、図 5 9 に示すように、パターン 2 9 c 及び絶縁層 1 1 上に第 1 の磁性層

8、第3の非磁性層13、第2の磁性層12及び縦バイアス層2bを形成する。

【0181】

次に、図60に示すように、パターン化された第2の非磁性層9の直上に開口部21aを有するフォトレジスト21を形成し、フォトレジスト21をマスクとして縦バイアス層2bをパターン化し、磁気抵抗効果素子36aを形成する。

【0182】

次に、図61に示すように、フォトレジスト21を取り除き、第2の磁性層12の露出部分及び縦バイアス層2bのパターン上に上部導電層15を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成し、ドライエッチング等の手段によりパターン化した後に、フォトレジストを取り除き、その上に上シールド層17を形成し、磁気抵抗効果ヘッド66aを形成する。

【0183】

次に、本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド66aの構成について説明する。図61に示すように、磁気抵抗効果ヘッド66aにおいては、下シールド層16が設けられ、下シールド層16上に下部導電層1が設けられている。下部導電層1上にはパターン化された固定化層下地層6a、固定化層6b、固定層5、第1の非磁性層4、フリー層3b及び第2の非磁性層9からなるパターン29cが形成されている。パターン29cの周囲には絶縁層11が配置され、パターン29cは絶縁層11により埋め込まれている。

【0184】

パターン29c及び絶縁層11の上には、第1の磁性層8、第3の非磁性層13及び第2の磁性層12が設けられ、第2の磁性層12上にはパターン29cの直上に配置されないように縦バイアス層2bが設けられている。

【0185】

また、第3の非磁性層13は、その構成材料や膜厚により第2の磁性層12と磁性層8との間の磁気的カップリングを制御するためのものである。第3の非磁性層13を構成する材料としては、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ta、Pt及びNiからなる群から選択され

た 1 種 の 材 料 の 単 体、 2 種 以 上 の 材 料 の 混 合 物、 2 種 以 上 の 材 料 の 化 合 物 又 は 2 種 以 上 の 材 料 に よ り 構 成 さ れ る 多 層 膜 を 使 用 す る。 特 に、 R u 及 び C r は 有 力 な 候 補 で あ る。

## 【 0 1 8 6 】

また、第 2 の 磁 性 層 1 2 を 構 成 す る 材 料 と し て は、 N i F e、 C o、 C o F e、 N i F e C o、 F e C o、 C o F e B、 C o Z r M o、 C o Z r N b、 C o Z r、 C o Z r T a、 C o H f、 C o T a、 C o T a H f、 C o N b H f、 C o Z r N b、 C o H f P d、 C o T a Z r N b、 C o Z r M o N i 等 の 合 金 又 は ア モ ル フ ァ ス 磁 性 材 料 か ら な る 群 か ら 選 択 さ れ た 1 種 の 材 料 の 単 体、 2 種 以 上 の 材 料 の 混 合 物 又 は 2 種 以 上 の 材 料 に よ り 構 成 さ れ る 多 層 膜 を 使 用 す る。 特 に、 N i F e、 C o、 C o F e、 N i F e C o 又 は F e C o は 有 力 な 候 補 で あ る。 ま た、 添 加 元 素 と し て、 T a、 H f、 Z r、 W、 C r、 T i、 M o、 P t、 N i、 I r、 C u、 A g、 C o、 Z n、 R u、 R h、 R e、 A u、 O s、 P d、 N b 及 び V か ら な る 群 か ら 選 択 さ れ た 1 種 以 上 の 元 素 を 使 用 す る こ と も で き る。

## 【 0 1 8 7 】

次 に、 本 実 施 例 に 係 る 磁 気 抵 抗 効 果 ヘ ッ ド 6 6 a の 動 作 に つ い て 説 明 す る。 磁 気 抵 抗 効 果 ヘ ッ ド 6 6 a に 外 部 か ら 磁 界 が 印 加 さ れ る と、 縦 バ イ ア ス 層 2 b を 介 し て 第 2 の 磁 性 層 1 2 に 磁 界 が 印 加 さ れ る。 次 に、 第 2 の 磁 性 層 1 2 か ら 第 3 の 非 磁 性 層 1 3 を 介 し て、 縦 バ イ ア ス 磁 界 が 強 磁 性 的 カ ッ プ リ ン グ、 反 強 磁 性 的 カ ッ プ リ ン グ 又 は 静 磁 性 的 カ ッ プ リ ン グ 等 の 磁 気 的 カ ッ プ リ ン グ に よ り 磁 性 層 8 b に 印 加 さ れ る。 更 に、 縦 バ イ ア ス 磁 界 は 磁 性 層 8 か ら 第 2 の 非 磁 性 層 9 を 介 し て 強 磁 性 的 カ ッ プ リ ン グ、 反 強 磁 性 的 カ ッ プ リ ン グ 又 は 静 磁 性 的 カ ッ プ リ ン グ 等 の 磁 気 的 カ ッ プ リ ン グ に よ り フ リ ー 層 3 b に 印 加 さ れ る。

## 【 0 1 8 8 】

こ の と き、 こ の 磁 界 の 方 向 及 び 大 き さ に 応 じ て フ リ ー 層 3 b の 磁 化 の 方 向 が 変 わ る。 固 定 層 5 は 固 定 化 層 6 b に よ り 磁 化 方 向 が 固 定 さ れ て い る た め、 固 定 層 5 の 磁 化 方 向 と フ リ ー 層 3 b の 磁 化 方 向 と の 間 に 変 化 が 生 じ、 非 磁 性 層 4 の 電 気 抵 抗 値 が 変 化 す る。 こ の 状 態 に お い て、 下 部 導 電 層 1 及 び 上 部 導 電 層 1 5 に よ り 非 磁 性 層 4 に 垂 直 な 方 向 に セ ン ス 電 流 を 流 し、 非 磁 性 層 4 の 電 気 抵 抗 値 を 測 定 す る

ことにより、外部の磁界を検出することができる。

【0189】

本実施例の効果について説明する。本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド65aにおいては、三段階のプロセスを通して縦バイアス磁界が縦バイアス層2bからフリー層3bに印加されるため、縦バイアス磁界の印加がより確実になると共に、磁界印加量の制御が容易になる。

【0190】

磁気抵抗効果ヘッド65aにおけるもう一つの長所は、磁性層8、第3の非磁性層13及び第2の磁性層12からなる積層膜において、磁性層8と第2の磁性層12との間に強固な反強磁性的カップリングが生じるようにし、更に、磁性層8の磁化(飽和磁化と膜厚の積)と第2の磁性層12の磁化を実質的に等しくした場合である。この場合は、前記積層膜は実効的に磁化を持たない一体化した膜となるため、外部磁界が印加されても磁界に対する感度を持たない。そのため、この場合は図61の構造の中で外部磁界に対して感度を持つのはフリー層3bのみとなり、磁気抵抗効果ヘッド65aを再生ヘッドとして機能させる場合のトラック幅が、フリー層3bのパターン幅のみによって決まる。このことは、狭トラックヘッドを作る上では有利である。なお、この場合も縦バイアス磁界は上記のプロセスによりフリー層3bに正確に印加される。また、磁性層8の磁化が第2の磁性層12の磁化に実質的に等しいとは、前記効果が認められる程度に等しいということである。

【0191】

なお、本実施例においては、固定化層下地層6a、第2の非磁性層9、第3の非磁性層13及び上部層7は省略してもよい。また、縦バイアス層2bの下部に縦バイアス層下地層を設けてもよい。縦バイアス層2b上には縦バイアス層の保護層を、第2の磁性層12上には上部層を設ける場合もある。

【0192】

更に、本実施例においては、固定化層下地層6a、固定化層6b、固定層5、非磁性層4、フリー層3b及び第2の非磁性層9はいずれも同じようにパターン化された例を示したが、パターン化は少なくともフリー層3bについて行われて

いればよく、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、非磁性層 4 からなる積層膜の部分はパターン化されていなくてもよい。また、固定化層下地層 6 a のパターンは固定化層 6 b のパターンより大きくてもよく、固定化層 6 b のパターンは固定層 5 のパターンより大きくてもよく、固定層 5 のパターンは非磁性層 4 のパターンより大きくてもよく、非磁性層 4 のパターンはフリー層 3 b のパターンより大きくてもよい。また、本実施例においては、絶縁層 1 1 の上面がフリー層 3 b のパターンの上面と同じ高さである例を示したが、絶縁層 1 1 の上面はフリー層 3 b のパターンの上面よりも低くてもよく、更に、高くてもよい。更に、図 6 1 では第 2 の非磁性層 9 がフリー層 3 b と同じようにパターン化された場合を示したが、第 2 の非磁性層 9 のパターンはフリー層 3 b のパターンより広がっていてもよい。

## 【 0 1 9 3 】

図 6 2 及び図 6 3 は本実施例の変形例における磁気抵抗効果素子の構成を示す部分断面図である。図 6 1 では第 1 の磁性層 8、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 2 の磁性層 1 2 はパターン化されていない例を示したが、図 6 2 に示す磁気抵抗効果素子 3 6 b においては、磁性層 8、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 2 の磁性層 1 2 のパターンの端部が縦バイアス層 2 b のパターンの下に配置されている。

## 【 0 1 9 4 】

また、図 6 3 に示す磁気抵抗効果素子 3 6 c においては、磁性層 8、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 2 の磁性層 1 2 のパターンにおける端部が、縦バイアス層 2 b のパターンの端部に接している。なお、磁気抵抗効果素子 3 6 b 及び 3 6 c においても、磁気抵抗効果素子 3 6 a と同様に、磁気抵抗効果ヘッドに使用することができる。

## 【 0 1 9 5 】

次に、本発明の第 9 の実施例について説明する。図 6 4 乃至 6 7 は本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

## 【 0 1 9 6 】

先ず、前記第 8 の実施例における図 5 5 乃至 5 8 に示す工程により、図 5 8 に示すような構造体を形成する。

## 【0197】

次に、図64に示すように、フォトレジスト20を取り除き、第2の非磁性層9及び絶縁層11における第2の非磁性層9の周辺の領域を覆うようにフォトレジスト21を形成する。

## 【0198】

次に、図65に示すように、フォトレジスト21をマスクとして絶縁層11に凹部11aを形成し、凹部11aに埋め込むように縦バイアス層下地層2a及び縦バイアス層2bを形成する。

## 【0199】

次に、図66に示すように、フォトレジスト21を取り除き、第1の磁性層8、第3の非磁性層13及び第2の磁性層12をこの順に形成し、磁化抵抗効果素子37aを形成する。

## 【0200】

次に、図67に示すように、第2の磁性層12上に上部導電層15を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成し、このフォトレジストをマスクとして、ドライエッチング等の手段により上部導電層15をパターン化した後に、フォトレジストを取り除き、その上に上シールド層17を形成し、磁気抵抗効果ヘッド67aを形成する。

## 【0201】

次に、本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド67aの構成について説明する。磁気抵抗効果ヘッド67aにおいては、下シールド層16が設けられ、下シールド層16上に下部導電層1が設けられ、下部導電層1上にパターン化された固定化層下地層6a、固定化層6b、固定層5、非磁性層4、フリー層3b及び第2の非磁性層9がこの順に積層されたパターンが形成され、このパターンは絶縁層11により埋め込まれている。図67に示すように、絶縁層11は上面に凹部11aを有し、凹部11aに埋め込まれるように、縦バイアス層下地層2a及び縦バイアス層2bが形成されている。そして、第2の非磁性層9、絶縁層11及び縦バイアス層2bの上に、磁性層8、第3の非磁性層13及び第2の磁性層12が設けられている。更に、第2の磁性層12上にはパターン化された上部導電層1

5 が設けられ、第 2 の磁性層 1 2 及び上部導電層 1 5 のパターン上には上シールド層 1 7 が設けられている。

【 0 2 0 2 】

次に、本発明の第 1 0 の実施例について説明する。図 6 8 乃至 7 3 は本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

【 0 2 0 3 】

先ず、図 6 8 に示すように、基体(図示せず)上に下シールド層 1 6 及び下部導電層 1 を順次形成する。

【 0 2 0 4 】

次に、図 6 9 に示すように、下部導電層 1 上に固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b、第 2 の非磁性層 9、第 1 の磁性層 8、第 3 の非磁性層 1 3、第 2 の磁性層 1 2、縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b をこの順に形成し積層する。

【 0 2 0 5 】

次に、図 7 0 に示すように、縦バイアス層 2 b 上にパターン化されたフォトレジスト 2 0 を形成する。

【 0 2 0 6 】

次に、図 7 1 に示すように、フォトレジスト 2 0 をマスクとしてドライエッチング等の手段により固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、非磁性層 4、フリー層 3 b、第 2 の非磁性層 9、磁性層 8、第 3 の非磁性層 1 3、第 2 の磁性層 1 2 及び縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b をエッチングしてパターン化し、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、非磁性層 4、フリー層 3 b、第 2 の非磁性層 9、磁性層 8、第 3 の非磁性層 1 3、第 2 の磁性層 1 2、縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b からなるパターン 2 9 d を形成する。

【 0 2 0 7 】

次に、図 7 2 に示すように、パターン 2 9 d を埋め込むように絶縁層 1 1 を形成し、磁気抵抗効果素子 3 8 a を形成する。

【 0 2 0 8 】

次に、図 7 3 に示すように、フォトレジスト 2 0 を取り除き、縦バイアス層 1 2 及び絶縁層 1 1 上に上部導電層 1 5 を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成し、このフォトレジストをマスクとしてドライエッチング等の手段により上部導電層 1 5 をパターン化した後に、フォトレジストを取り除き、その上に上シールド層 1 7 を形成し、磁気抵抗効果ヘッドを形成する。

#### 【 0 2 0 9 】

次に、本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成について説明する。図 7 3 に示すように、磁気抵抗効果ヘッドにおいては、下シールド層（図示せず）が設けられ、下シールド層上に下部導電層 1 が設けられている。下部導電層 1 上には、パターン化された固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、非磁性層 4、フリー層 3 b、第 2 の非磁性層 9、第 1 の磁性層 8、第 3 の非磁性層 1 3、第 2 の磁性層 1 2、縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b からなるパターン 2 9 d が設けられ、パターン 2 9 d は絶縁層 1 1 に埋め込まれ、パターン 2 9 d の縦バイアス層 2 b は絶縁層 1 の上面において露出している。また、パターン 2 9 d 及び絶縁層 1 の上部にはパターン化された上部導電層 1 5 が設けられ、上部導電層 1 5 及び絶縁層 1 1 上には上シールド層 1 7 が設けられている。

#### 【 0 2 1 0 】

次に、本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの動作について説明する。磁気抵抗効果ヘッドに印加された磁界は、縦バイアス層 2 b を介して第 2 の磁性層 1 2 に印加される。次に、第 2 の磁性層 8 から第 3 の非磁性層 1 3 を介して強磁性的カップリング、反強磁性的カップリング又は静磁的カップリング等の磁気的カップリングにより縦バイアス磁界は第 1 の磁性層 8 に印加される。更に、縦バイアス磁界は第 1 の磁性層 8 から第 2 の非磁性層 9 を介して強磁性的カップリング、反強磁性的カップリング又は静磁的カップリング等の磁気的カップリングによりフリー層 3 b に印加される。

#### 【 0 2 1 1 】

このとき、第 3 の非磁性層 1 3 の構成材料及び膜厚により、第 2 の磁性層 1 2 と磁性層 8 との間の磁気的カップリングが制御される。また、第 2 の非磁性層 9 の構成材料及び膜厚により、磁性層 8 とフリー層 3 b との間の磁気的カップリン



グが制御される。このように、三段階のプロセスを通して縦バイアス磁界が縦バイアス層 2 b からフリー層 3 b に印加されるため、縦バイアス磁界の印加が確実にになると共に、印加される縦バイアス磁界のコントロールが容易になる。

#### 【0 2 1 2】

なお、固定化層下地層 6 a、第 2 の非磁性層 9、第 3 の非磁性層 1 3 及び縦バイアス層下地層 2 a は省略することができる。また、縦バイアス層 2 b 上に縦バイアス層 2 b の保護層を設けてもよく、第 2 の磁性層 1 2 上に上部層を設けてもよい。

#### 【0 2 1 3】

図 7 4 は本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果素子 3 8 b の構成を示す部分断面図である。磁気抵抗効果素子 3 8 b は、基体(図示せず)上に下部導電層 1 が設けられ、下部導電層 1 上にパターン化された固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、非磁性層 4、フリー層 3 b、第 2 の非磁性層 9、磁性層 8、縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b が設けられ、これらは絶縁層 1 1 に埋め込まれ、縦バイアス層 2 b は絶縁層 1 1 の上面において露出している。

#### 【0 2 1 4】

磁気抵抗効果素子 3 8 b に印加された縦バイアス磁界は、先ず、縦バイアス層 2 b を介して第 1 の磁性層 8 に印加される。次に、第 1 の磁性層 8 から第 2 の非磁性層 9 を介して強磁性的カップリング、反強磁性的カップリング又は静磁性的カップリング等の磁気的カップリングによりフリー層 3 b に印加される。このとき、第 2 の非磁性層 9 の構成材料及び膜厚により、磁性層 8 とフリー層 3 b との間の磁気的カップリングが制御される。

#### 【0 2 1 5】

このように、二段階のプロセスを通して縦バイアス磁界が縦バイアス層 2 b からフリー層 3 b に印加されるため、縦バイアス磁界の印加が確実にになると共に、印加量の制御が容易になる。

#### 【0 2 1 6】

なお、本実施例においては、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、非磁性層 4、フリー層 3 b、第 2 の非磁性層 9 はいずれも同じようにパターン化

される例を示したが、パターン化は少なくともフリー層 3 b について行われていればよく、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5 及び非磁性層 4 からなる積層膜の部分はパターン化されていなくてもよい。また、固定化層下地層 6 a のパターンは固定化層 6 b のパターンより大きくてもよく、固定化層 6 b のパターンは固定層 5 のパターンより大きくてもよく、固定層 5 のパターンは非磁性層 4 のパターンより大きくてもよく、第 1 の非磁性層 4 のパターンはフリー層 3 b のパターンより大きくてもよい。

## 【0 2 1 7】

次に、本発明の第 1 1 の実施例について説明する。図 7 5 乃至 8 4 は本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を工程順に示す部分断面図である。

## 【0 2 1 8】

先ず、図 7 5 に示すように、基体(図示せず)上に下シールド層 1 6 及び下部導電層 1 を順次形成する。

## 【0 2 1 9】

次に、図 7 6 に示すように、下部導電層 1 上に固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 をこの順に形成し積層する。

## 【0 2 2 0】

次に、図 7 7 に示すように、第 2 の非磁性層 9 上にパターン化されたフォトレジスト 2 0 を形成し、ドライエッチング等の手段により固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 をパターン化し、これらの層により構成されるパターン 2 9 e を形成する。

## 【0 2 2 1】

次に、図 7 8 に示すように、パターン 2 9 e の周囲に、パターン 2 9 e を埋め込むように絶縁層 1 1 を形成する。このとき、絶縁層 1 1 の高さはパターン 2 9 e の近傍においてはパターン 2 9 e の高さと同しくし、パターン 2 9 e から一定の距離を隔てた位置ではパターン 2 9 e の高さよりもやや低くし、それらの間を滑らかな傾斜でつなぐようにする。

## 【0 2 2 2】

次に、図 7 9 に示すように、絶縁層 1 1 上に縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b を形成する。このとき、縦バイアス層 2 b の厚さを絶縁層 1 1 の傾斜に沿って変化させ、パターン 2 9 e から一定の距離を隔てた位置においては縦バイアス層 2 b の厚さを厚くし、パターン 2 9 e に近づくほど薄くなるようにする。

## 【 0 2 2 3 】

次に、図 8 0 に示すように、フォトレジスト 2 0 を取り除き、第 2 の非磁性層 9 及び縦バイアス層 2 b 上に第 1 の磁性層 8 及び第 4 の非磁性層 1 8 を形成する。

## 【 0 2 2 4 】

次に、図 8 1 に示すように、第 2 のフリー層 1 9、第 5 の非磁性層 2 0、第 2 の固定層 2 6、第 2 の固定化層 2 7 及び上部層 7 をこの順に形成する。

## 【 0 2 2 5 】

次に、図 8 2 に示すように、上部層 7 上におけるパターン 2 9 e に整合する領域を覆うようにフォトレジスト 2 1 を形成し、フォトレジスト 2 1 をマスクとして第 4 の非磁性層 1 8、第 2 のフリー層 1 9、第 5 の非磁性層 2 0、第 2 の固定層 2 6、第 2 の固定化層 2 7 及び上部層 7 をパターン化し、第 4 の非磁性層 1 8、第 2 のフリー層 1 9、第 5 の非磁性層 2 0、第 2 の固定層 2 6、第 2 の固定化層 2 7 及び上部層 7 から構成されるパターン 2 9 f を形成する。

## 【 0 2 2 6 】

次に、図 8 3 に示すように、パターン 2 9 f の周囲に、パターン 2 9 f を埋め込むように絶縁層 1 1 b を形成し、下シールド層 1 6 上に形成された磁化抵抗効果素子 3 9 a を形成する。

## 【 0 2 2 7 】

次に、図 8 4 に示すように、フォトレジスト 2 1 を取り除き、上部層 7 及び絶縁層 1 1 b 上に上部導電層 1 5 を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成し、このフォトレジストをマスクとしてドライエッチング等の手段により上部導電層 1 5 をパターン化した後に、フォトレジストを取り除き、その上に上シールド層 1 7 を形成し、磁気抵抗効果ヘッド 6 9 a を形成する。

## 【 0 2 2 8 】

次に、本実施例に係る磁気抵抗効果素子 3 9 a の構成について説明する。図 8 4 に示すように、磁気抵抗効果素子 3 9 a の特徴は、縦バイアス層 2 a から縦バイアス磁界を印加されている第 2 の非磁性層 8 b を中心に上下対称に非磁性層、フリー層、非磁性層、固定層、固定化層が形成されている点である。

## 【 0 2 2 9 】

磁気抵抗効果素子 3 9 a においては、下シールド層 1 6 が設けられ、下シールド層 1 6 上に下部導電層 1 が設けられている。下部導電層 1 上には、パターン化された固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b 及び第 2 の非磁性層 9 からなるパターン 2 9 e が設けられ、パターン 2 9 e は絶縁層 1 1 に埋め込まれている。

## 【 0 2 3 0 】

絶縁層 1 1 の上面は、パターン 2 9 e の近傍ではパターン 2 9 e の上面とほぼ等しく、パターン 2 9 e から一定距離隔てた位置においてはパターン 2 9 e の上面よりもやや低くなっており、そこに、縦バイアス下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b のパターンが膜厚方向の少なくとも一部が絶縁層 1 1 に埋め込まれるように設けられている。パターン 2 9 e 及び縦バイアス層 2 b 上には第 2 の非磁性層 8 が設けられている。

## 【 0 2 3 1 】

第 2 の非磁性層 8 上には、パターン化された第 4 の非磁性層 1 8、第 2 のフリー層 1 9、第 5 の非磁性層 2 0、第 2 の固定層 2 6、第 2 の固定化層 2 7 及び上部層 7 から構成されるパターン 2 9 f が設けられており、パターン 2 9 f は絶縁層 1 1 b に埋め込まれている。更に、パターン 2 9 f 及び絶縁層 1 1 b 上には上部導電層 1 5 及び上シールド層 1 7 が設けられている。

## 【 0 2 3 2 】

次に、本実施例に係る磁気抵抗効果素子 3 9 a の動作について説明する。第 2 のフリー層 1 9 はフリー層 3 b と同様に、磁気抵抗効果素子 3 9 a を含むセンサが外部磁界を受けた場合に、その磁界の方向及び大きさに応じて磁化の方向を変える磁性層である。第 5 の非磁性層 2 5 は第 2 のフリー層 1 9 と第 2 の固定層 2

6の間に配置され、第2のフリー層の磁化方向と第2の固定層26の磁化方向とのなす角度に応じて電気抵抗値が変化する層である。第2の固定層26は第2の固定化層27により磁化方向が固定されているので、外部磁界の方向及び大きさに応じてフリー層の磁化方向が変わると、固定されている固定層の磁化方向とフリー層の磁化方向との間に変化が生じて、第5の非磁性層25の抵抗が変化する。

#### 【0233】

磁気抵抗効果素子39aにおいては、下部導電層1から上部導電層15へとセンス電流を流したときの電気抵抗値変化量は、磁性層8より下のパターン29eで生じる電気抵抗値変化量と、磁性層8より上のパターン29fで生じる電気抵抗値変化量との和になる。

#### 【0234】

通常、磁気抵抗効果素子においては、フリー層は膜面に垂直に流れる電流に起因する円周状の電流磁界の影響を不可避免的に受けるが、本実施例に係る磁気抵抗効果素子39aにおいては、フリー層3bが受ける電流磁界の影響と第2のフリー層19が受ける電流磁界の影響が逆になるので、全体としては打ち消しあい電流磁界の影響を著しく低減させることができる。

#### 【0235】

また、磁気抵抗効果素子39aにおいて、印加された縦バイアス磁界はまず、縦バイアス層2bを介して第2の磁性層8に印加される。次に、第2の磁性層8から第2の非磁性層9を介してフリー層3bに、また、第4の非磁性層18を通して第2のフリー層19に夫々印加される。第2の非磁性層9はその構成材料及び膜厚により第2の磁性層8bとフリー層3bとの間の磁気的カップリングを制御し、第4の非磁性層18はその構成材料及び膜厚により磁性層8bと第2のフリー層19との間の磁気的カップリングを制御する。このように、二段階のプロセスにより縦バイアス磁界が縦バイアス層2bからフリー層3b及び第2のフリー層19に印加されるため、縦バイアス磁界の印加がより確実になると共に、印加量の制御が容易になる。

#### 【0236】

なお、本実施例においては、縦バイアス層下地層 2 a、固定化層下地層 6 a、第 2 の非磁性層 9、第 4 の非磁性層 1 8 及び上部層 7 は省略することもできる。また、縦バイアス層 2 b 上に縦バイアス層の保護層を設ける場合もある。また、本実施例においては、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4、フリー層 3 b、第 2 の非磁性層 9 はいずれも同じようにパターン化される例を示したが、パターン化は少なくともフリー層 3 b について行われていればよく、固定化層下地層 6 a、固定化層 6 b、固定層 5、第 1 の非磁性層 4 はパターン化されていなくてもよい。

## 【 0 2 3 7 】

更に、固定化層下地層 6 a のパターンは固定化層 6 b のパターンより大きくてもよく、固定化層 6 b のパターンは固定層 5 のパターンより大きくてもよく、固定層 5 のパターンは非磁性層 4 のパターンより大きくてもよく、第 1 の非磁性層 4 のパターンはフリー層 3 b のパターンより大きくてもよい。

## 【 0 2 3 8 】

更にまた、本実施例では絶縁層 1 1 の上面におけるパターン 2 9 e 及び 2 9 f から一定距離隔てた位置における高さが、フリー層 3 b のパターンの上面よりも低い例を示したが、この絶縁層 1 1 の上面は、フリー層 3 b のパターンの上面と同じであってもよく、また、フリー層 3 b のパターンの上面より高くてもよい。更に、縦バイアス層 2 b のパターンが、フリー層 3 b のパターン及び第 2 のフリー層 1 9 のパターンから離れていてもよい。また、第 4 の非磁性層 1 8 は第 2 のフリー層 1 9 と共にパターン化されていてもよく、第 4 の非磁性層 1 8 は第二フリー層 1 9 のパターンよりも広がっていてもよい。また、第 2 の非磁性層 9 のパターンはフリー層 3 b のパターンより広がっていてもよい。

## 【 0 2 3 9 】

図 8 5 乃至 8 7 は、本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果素子の構成を示す部分断面図である。図 8 5 は第 4 の非磁性層 1 8 がパターン化されていない例を示している。

## 【 0 2 4 0 】

また、図 8 6 は絶縁層 1 1 の上面の高さがフリー層 3 b のパターンの上面の高

さよりも高い例を示している。

【 0 2 4 1 】

更に、図 8 7 は縦バイアス層 2 b のパターンがフリー層 3 b のパターン及び第 2 のフリー層 1 9 のパターンから離れている例を示している。図 8 5 乃至 8 7 に示す磁気抵抗効果素子も、磁気抵抗効果ヘッドに使用することができる。

【 0 2 4 2 】

次に、本発明の第 1 2 の実施例について説明する。図 8 8 乃至 9 1 は本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【 0 2 4 3 】

先ず、前記第 1 の実施例における図 1 乃至 3 に示す工程により、図 3 に示すような積層体を形成する。

【 0 2 4 4 】

次に、図 8 8 に示すように、下部導電層 1 及び縦バイアス層 2 b 上に第 2 の磁性層下地層 1 2 a 1、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3、第 2 の磁性層 8、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、第 1 の非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 を順に積層させる。

【 0 2 4 5 】

次に、図 8 9 に示すように、上部層 7 上における下部導電層 1 の凹部 1 a が形成されていない領域の中央部に整合する位置にフォトレジスト 2 1 を形成する。

【 0 2 4 6 】

次に、図 9 0 に示すように、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、第 1 の非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をドライエッチング等の手段によりエッチングし、エッチングにより除去された部分を絶縁層 1 1 により埋め込み、磁気抵抗効果素子 3 9 b を形成する。

【 0 2 4 7 】

次に、図 9 1 に示すように、フォトレジスト 2 1 を取り除き、上部導電層 1 5 を成膜し、フォトレジスト（図示せず）を形成し、このフォトレジストをマスクとしてドライエッチング等の手段により上部導電層 1 5 をパターン化した後に、このフォトレジストを取り除き、その上に上シールド層 1 7 を形成し、磁気抵抗

効果ヘッド 6 9 b を形成する。

【 0 2 4 8 】

次に、本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッド 6 9 b の構成について説明する。図 9 1 に示すように、磁気抵抗効果ヘッド 6 9 b においては、下シールド層 1 6 が設けられ、下シールド層 1 6 上には下部導電層 1 が設けられている。下部導電層 1 の上面には凹部 1 a が設けられ、凹部 1 a に埋め込まれるように縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b が設けられている。下部導電層及び縦バイアス層 2 b 上には第 2 の磁性層下地層 1 2 a、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 1 の磁性層 8 が設けられている。第 1 の磁性層 8 上における 2 つの縦バイアス層のパターンに囲まれた部分の直上には、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 のパターンが形成される。

【 0 2 4 9 】

本実施例においては、第 2 の非磁性層 9 はフリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 と共にパターン化されている例を示したが、第 2 の非磁性層 9 は磁性層 8 のパターンのように広がっていてもよく、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 より広がっており、且つ磁性層 8 のパターンより小さくてもよい。

【 0 2 5 0 】

また、縦バイアス層下地層 2 a、第 2 の非磁性層下地層 1 2 a 及び上部層 7 は省略することもできる。縦バイアス層 2 b の上部には縦バイアス層の保護層を設けることもできる。更に、第 2 の磁性層下地層 1 2 a、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 1 の磁性層 8 は、必ずしも図 9 1 に示すように広がっている必要はない。

【 0 2 5 1 】

図 9 2 及び図 9 3 は本実施例の変形例における磁気抵抗効果素子の構成を示す部分断面図である。図 9 2 は第 2 の磁性層下地層 1 2 a、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 1 の磁性層 8 の端部が、縦バイアス層 2 b におけるパターンの端部に接している例を示す。



## 【 0 2 5 2 】

また、図 9 3 は第 2 の磁性層下地層 1 2 a、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 1 の磁性層 8 の端部が、縦バイアス層 2 b のパターンに乗り上げている例を示す。

## 【 0 2 5 3 】

また、第 2 の磁性層 1 2 b のパターンは第 3 の非磁性層 1 3 のパターンより大きくてもよく、第 3 の非磁性層 1 3 のパターンは磁性層 8 b のパターンより大きくてもよい。

## 【 0 2 5 4 】

次に、本発明の第 1 3 の実施例について説明する。図 9 4 乃至 9 9 は本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

## 【 0 2 5 5 】

先ず、図 9 4 に示すように、基体(図示せず)上に下シールド層 1 6 及び下部導電層 1 を順次形成する。

## 【 0 2 5 6 】

次に、図 9 5 に示すように、下部導電層 1 上に縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b を成膜する。

## 【 0 2 5 7 】

次に、図 9 6 に示すように、第 2 の磁性層下地層 1 2 a、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3、磁性層 8、第 2 の非磁性層 9、フリー層下地層 3 a、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 を順に積層させる。

## 【 0 2 5 8 】

次に、図 9 7 に示すように、上部層 7 上にパターン化されたフォトレジスト 2 1 を形成する。

## 【 0 2 5 9 】

次に、図 9 8 に示すように、フォトレジスト 2 1 をマスクとして、第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、第 1 の非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 をドライエッチング等の手段によりエッチングした後に、エッチングにより除

去された部分を絶縁層 1 1 で埋め込み、磁気抵抗効果素子 3 9 c を形成する。

#### 【 0 2 6 0 】

次に、図 9 9 に示すように、フォトリソスト 2 0 を取り除き、絶縁層 1 1 及び上部層 7 上に上部導電層 1 5 を成膜し、フォトリソスト(図示せず)を形成してこのフォトリソストをマスクとして上部導電層 1 5 をドライエッチング等の手段によりパターン化した後、このフォトリソストを取り除き、上部導電層 1 5 上に上シールド層 1 7 を形成し、磁化抵抗効果ヘッド 6 9 c を形成する。

#### 【 0 2 6 1 】

次に、本実施例に係る磁化抵抗効果ヘッド 6 9 c の構成について説明する。図 9 9 に示すように、磁化抵抗効果ヘッド 6 9 c においては、下シールド層 1 6 上に下部導電層 1 が設けられ、その上に縦バイアス層下地層 2 a 及び縦バイアス層 2 b が設けられ、その上に、第 2 の磁性層下地層 1 2 a、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3 及び磁性層 8 が設けられている。磁性層 8 上には、パターン化された第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 が設けられ、これらのパターンは絶縁層 1 1 に埋め込まれている。また、上部層 7 及び絶縁層 1 1 上には上部導電層 1 5 が設けられ、その上には上シールド層 1 7 が設けられている。

#### 【 0 2 6 2 】

本実施例においては、第 2 の磁性層下地層 1 2 a、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 1 の磁性層 8 がパターン化されている例を示したが、第 2 の非磁性層 9 は第 1 の磁性層 8 のパターンのように広がっていてもよいし、フリー層 3 b、非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 のパターンより広がっており、かつ磁性層 8 のパターンより小さくてもよい。

#### 【 0 2 6 3 】

また、縦バイアス膜下地層 2 a、第 2 の非磁性層下地層 1 2 a 及び上部層 7 は省略することもできる。更に、縦バイアス層 2 b の上部には縦バイアス層の保護層を設けることもできる。更に、第 2 の磁性層下地層 1 2 a、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 1 の磁性層 8 は必ずしも広がっている必要はない。

## 【 0 2 6 4 】

図 1 0 0 及び図 1 0 1 は本実施例の変形例における磁気抵抗効果素子の構成を示す部分断面図である。図 1 0 0 は、第 2 の磁性層下地層 1 2 a、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 1 の磁性層 8 がパターン化されている例を示す。

## 【 0 2 6 5 】

また、図 1 0 1 は第 2 の磁性層下地層 1 2 a、第 2 の磁性層 1 2 b、第 3 の非磁性層 1 3 及び第 1 の磁性層 8 がパターン化され、その大きさが第 2 の非磁性層 9、フリー層 3 b、第 1 の非磁性層 4、固定層 5、固定化層 6 b 及び上部層 7 のパターンとほぼ同じ大きさになっている例を示す。図 1 0 0 及び図 1 0 1 に示した磁気抵抗効果素子も磁気抵抗効果ヘッドに使用することができる。

## 【 0 2 6 6 】

更に、第 2 の磁性層 1 2 b のパターンが第 3 の非磁性層 1 3 のパターンより大きくてもよく、第 3 の非磁性層 1 3 のパターンが第 1 の磁性層 8 b のパターンより大きくてもよい。

## 【 0 2 6 7 】

次に、本発明の磁気抵抗効果素子の記録再生ヘッド及び記録再生システムへの適用例を示す。本発明の第 1 4 の実施例について説明する。図 1 0 2 は本実施例に係る磁気記録再生ヘッドの概略図である。この磁気記録再生ヘッド(記録再生素子部 1 3 0)においては、前記磁気抵抗効果ヘッドをその一部に含み、記録媒体から信号を読み取る再生ヘッド 4 5 が基体 4 2 上に設けられている。また、再生ヘッド 4 5 上には磁極 4 3、複数のコイル 4 1 及び上磁極 4 4 からなり記録媒体上に信号を書き込む記録ヘッド 4 6 が設けられている。この場合、上部シールド層は磁極 4 3 と共通にしてもよく、また、別に設けてもよい。図 1 0 2 に示すように、再生ヘッド 4 5 の感磁部分と記録ヘッドの磁気ギャップを同一スライダ上に重ねた位置に形成することにより、同一トラックに同時に位置決めすることができる。このとき、記録ヘッド 4 6 により記録媒体(図示せず)に磁界を印加してデータを書き込み、また、再生ヘッド 4 5 によりこの記録媒体に記録されたデータを読み取る。この記録再生ヘッドをスライダに加工し、磁気記録再生装置

に搭載する。

【0268】

図103は図102に示した磁気記録再生ヘッドを備えた本実施例に係る磁気抵抗変換システムの構成を示す概略図である。この磁気抵抗変換システムは、スライダを構成する基板129内に記録再生素子部130(磁気記録再生ヘッド)が形成され、保護膜132によって保護されている。基板129は、例えば $Al_2O_3-TiC$ 複合セラミックス等から構成され、保護膜132は、例えばダイヤモンドライクカーボンから構成されている。

【0269】

記録再生素子部130には、記録素子部(記録ヘッド)に接続された電極端子131a及び再生素子部(再生ヘッド)に接続された電極端子131bが夫々形成されている。電極端子131aは記録素子部に駆動電流を印加し記録動作を生じさせる電流駆動回路133に接続されている。また、電極端子131bは、再生素子部にセンス電流を流す電流発生回路134及び再生素子部の抵抗率変化により発生する電圧変化を印加される磁界の関数として検出し記録媒体上の記録データ情報を読み取るためのデータ読み取り回路135に接続されている。このように磁気抵抗変換システムは、記録再生素子部130、電流発生回路134及びデータ読み取り回路135を具備している。

【0270】

図104は、図103に示した磁気抵抗変換システムを使用する磁気記録システムの一例を示す概略図である。この磁気記録システムは、磁気記録再生ヘッド103、センス電流検出手段107及びコントローラ108により構成される磁気抵抗変換システムと、データ記録のための複数個のトラックを有する磁気記録媒体102と、磁気記録再生ヘッド103を磁気記録媒体102上の所定の位置に移動させるVCM(ヴォイスコイルモータ)からなる第1のアクチュエータ106と、磁気記録媒体102を回転させるモータからなる第2のアクチュエータ101とを備えている。また、磁気記録再生ヘッド103はサスペンション104及びアーム105により支持されている。

【0271】

図 1 0 5 は磁気記録システムの具体例を示した斜視図である。この例においては、ヘッドスライダを兼ねる基板 5 2 上に、再生ヘッド 5 1 及び記録ヘッド 5 0 を形成し、これを記録媒体 5 3 上に位置決めして再生を行う。記録媒体 5 3 は回転し、ヘッドスライダは記録媒体 5 3 上を  $0.2\mu\text{m}$  以下の高さ又は接触状態で対抗して相対運動する。この機構により、再生ヘッド 5 1 は記録媒体 5 3 に記録された磁気的信号をその漏れ磁界 5 4 から読み取ることのできる位置に設定される。

#### 【 0 2 7 2 】

本発明の磁気記憶システムとしては、ハードディスク装置、フレキシブルディスク装置及び磁気テープ装置を使用することができる。ハードディスク装置にはディスクの交換が不可能な固定ディスク装置及びディスク交換が可能な装置が含まれる。

#### 【 0 2 7 3 】

次に、本発明を適用して試作された磁気記憶装置について説明する。磁気記憶装置は、ベース上に 3 枚の磁気ディスク (磁気記録媒体) を備え、ベース裏面にヘッド駆動回路、信号処理回路及び入出力インターフェイスを収納している。外部とは 3 2 ビットのバスラインで接続される。磁気ディスクの両面には 6 個のヘッドが配置され、ヘッドを駆動するためのロータリーアクチュエータ (アクチュエータ手段)、その駆動及び制御回路並びにディスク回転用スピンドル直結モータが搭載されている。ディスクの直径は 6 3 m m であり、データ面は直径 1 0 m m から 5 7 m m までを使用する。埋め込みサーボ方式を使用し、サーボ面を有しないため高密度化が可能である。本装置は、小型コンピュータの外部記憶装置として直接接続が可能になっている。入出力インターフェイスには、キャッシュメモリを搭載し、転送速度が毎秒 5 乃至 2 0 メガバイトの範囲であるバスラインに対応する。また、外部コントローラを設け、本装置を複数台接続することにより、大容量の磁気ディスク装置を構成することも可能である。

#### 【 0 2 7 4 】

#### 【実施例】

先ず、比較のために、従来の技術の項で記載した図 1 0 6 及び図 1 0 7 の構造

のヘッドを作成した。膜形成後には、成膜時の磁界とは直交する方向に  $7.9 \times 10^5 \text{ A/m}$  の磁界を印加しつつ  $250^\circ\text{C}$  の温度で 5 時間の熱処理を行った。

## 【0275】

ヘッドを構成する各要素としては以下の材料を使用した。以下に示されている各材料の組成は、スパッタリングで使用したターゲットの組成（原子％）であり、括弧内は層の厚さである。

基体…厚さ 1.2 mm のアルチック上にアルミナを  $3 \mu\text{m}$  積層したもの

下シールド層… $\text{Co}_{89}\text{Zr}_4\text{Ta}_4\text{Cr}_3$  ( $1 \mu\text{m}$ )

下部導電層… $\text{Ta}$  ( $20 \mu\text{m}$ )

上電極層…なし

上シールド層… $\text{Co}_{65}\text{Ni}_{12}\text{Fe}_{23}$  ( $1 \mu\text{m}$ )

絶縁層…アルミナ ( $20 \text{ nm}$ )

縦バイアス下地層… $\text{Cr}$  ( $10 \text{ nm}$ )

縦バイアス… $\text{Co}_{74.5}\text{Cr}_{10.5}\text{Pt}_{15}$  ( $33 \text{ nm}$ )

下ギャップ層…なし

上ギャップ層…なし

上部層… $\text{Ta}$  ( $5 \text{ nm}$ )

フリー層下地層… $\text{Ta}$  ( $3 \text{ nm}$ )

固定化層… $\text{Pt}_{46}\text{Mn}_{54}$  ( $20 \text{ nm}$ )

固定層…( $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  ( $3 \text{ nm}$ ) /  $\text{Ru}$  ( $0.7 \text{ nm}$ ) /  $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$  ( $3 \text{ nm}$ )) 3 層膜

非磁性層… $\text{Al}$  酸化物 ( $0.7 \text{ nm}$ )

フリー層… $\text{Ni}_{82}\text{Fe}_{18}$  ( $5 \text{ nm}$ )

上部層… $\text{Ta}$  ( $3 \text{ nm}$ )

## 【0276】

このヘッドを図 102 に示す再生ヘッド 45 のような記録再生一体型ヘッドに加工及スライス加工し、 $\text{CoCrTa}$  系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は  $0.7 \mu\text{m}$ 、読み込みトラック幅は  $0.4 \mu\text{m}$  とした。

## 【0277】

TMR素子部の加工は、i線を使用したフォトリソスト工程及びミリング工程により行った。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトリソスト硬化工程は250℃の温度に2時間保持することにより行った。

## 【0278】

この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層及び固定化層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったため、再生ヘッド部及び記録ヘッド部作成終了後に、温度200℃、 $4.0 \times 10^4$  A/mの磁界中で1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。

## 【0279】

媒体の保磁力は $2.4 \times 10^5$  A/m、MrT(残留磁化と膜厚の積)は0.35 emu/cm<sup>2</sup>とした。試作したヘッド各10個ずつ使用して、再生出力、(S/N)比及び実効トラック幅を測定した。図106の構造についての測定結果を表1に、図107の構造についての測定結果を表2に夫々示す。

## 【0280】

【表1】

素子番号	出力(mV)	(S/N) 比(dB)
1	3.1	21
2	3.0	20
3	2.8	19
4	2.9	18
5	2.9	19
6	3.1	21
7	2.9	19
8	3.1	19
9	3.0	21
10	2.8	19

【 0 2 8 1 】

【表 2】

素子番号	出力(mV)	(S/N) 比(dB)
1	1.2	17
2	1.1	16
3	0	0
4	0.5	12
5	0.2	5
6	0.3	8
7	0.4	9
8	0.2	2
9	0	0
10	0.3	8

【 0 2 8 2 】

図 1 0 6 の構造の場合は、再生出力は 2. 8 乃至 3. 1 mV と高いが、(S/N) 比が 1 8 乃至 2 1 d B と低かった。これは再生信号にバルクハウゼンノイズが含まれているためであり、ヘッドの R-H ループを測定したところ、フリー層磁化反転のヒステリシスが大きくフリー層の磁壁移動に伴うバルクハウゼンノイズが発生している事が明らかになった。図 1 0 6 の構造では、縦バイアス層とフリー層とが絶縁層により隔離されているために、縦バイアス磁界がフリー層に十分印加されず、縦バイアス磁界がバルクハウゼンノイズの低減に寄与しなかったためと考察される。

【 0 2 8 3 】

一方、図 1 0 7 の構造の場合は、再生出力が 0 乃至 1. 2 mV と低く、それに伴い (S/N) 比も 0 乃至 1 7 d B と低かった。これは、センス電流が縦バイアス層 2 b に漏洩し非磁性層 4 に十分流れないためである。この構造では、原理的には縦バイアス層 2 b へのセンス電流の漏洩を防止することができるはずではあるが、縦バイアス層 2 b が固定層 5、非磁性層 4、フリー層 3 からなる積層体



おける非磁性層 4（バリア層）の端部直近に位置しているため、センス電流が縦バイアス層 2 b に漏洩し非磁性層 4 に十分流れないことを防止するように、精密に作製することが難しいためであると考えられる。

【 0 2 8 4 】

次に、本発明の実施例として、図 7、図 1 8、図 2 8、図 3 4、図 4 6 及び図 6 1 に示す構造の磁気抵抗効果ヘッドを作製した。このとき、磁気抵抗効果ヘッドを構成する各要素として以下の材料を使用した。

基体…厚さ 1. 2 mm のアルチック上にアルミナを 3  $\mu$  m 積層したもの

下シールド層…C o 8 9 Z r 4 T a 4 C r 3 ( 1  $\mu$  m )

下部導電層…T a ( 2 0 n m )

上電極層…なし

上シールド層…C o 6 5 N i 1 2 F e 2 3 ( 1  $\mu$  m )

絶縁層…アルミナ ( 2 0 n m )

縦バイアス下地層…C r ( 1 0 n m )

縦バイアス…C o 7 4 . 5 C r 1 0 . 5 P t 1 5 ( 3 3 n m )

下ギャップ層…なし

上ギャップ層…なし

上部層…T a ( 5 n m )

フリー層下地層…T a ( 3 n m )

磁性層下地層…T a ( 3 n m )

固定化層…P t 4 6 M n 5 4 ( 2 0 n m )

第 2 の固定化層…P t 4 6 M n 5 4 ( 2 0 n m )

固定層…( C o 9 0 F e 1 0 ( 3 n m ) / R u ( 0 . 7 n m ) / C o 5 0 F e 5 0 ( 3 n m ) ) 3 層膜

第 2 の固定層…( C o 9 0 F e 1 0 ( 3 n m ) / R u ( 0 . 7 n m ) / C o 5 0 F e 5 0 ( 3 n m ) ) 3 層膜

第 1 の非磁性層…A l 酸化物 ( 0 . 7 n m )

第 2 の非磁性層…R u ( 0 . 7 5 n m )

第 3 の非磁性層…R u ( 0 . 7 5 n m )

第4の非磁性層…Ru (0.75 nm)

第5の非磁性層…Al 酸化物 (0.7 nm)

フリー層…Ni<sub>82</sub>Fe<sub>18</sub> (5 nm)

磁性層…Ni<sub>82</sub>Fe<sub>18</sub> (5 nm)

上部層…Ta (3 nm)

【0285】

このヘッドを図102に示した再生ヘッド45のような記録再生一体型ヘッドに加工及びスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は0.7 μm、読み込みトラック幅は0.4 μmとした。

【0286】

TMR素子部の加工はi線を使用するフォトレジスト工程及びミリング工程により行った。書き込みヘッド部のコイル部作製時のフォトレジスト硬化工程は250℃の温度に2時間保持することにより行った。

【0287】

この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層及び固定化層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったため、再生ヘッド部及び記録ヘッド部の作製終了後に温度200℃、 $4.0 \times 10^4$  A/mの磁界中で1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。

【0288】

媒体の保磁力は $2.4 \times 10^5$  A/m、Mr T (残留磁化と膜厚の積)は0.35 emu/cm<sup>2</sup>とした。試作したヘッド各10個ずつ使用して、再生出力、(S/N)比及び実効トラック幅を測定した。

【0289】

図7、図18、図28、図34、図46及び図61に示す構造のヘッドについての測定結果を、夫々表3乃至8に示す。

【0290】

【表 3】

素子番号	出力(mV)	(S/N) 比(dB)	実効トラック幅( $\mu$ m)
1	3.0	27	0.61
2	3.1	26	0.59
3	2.9	27	0.60
4	3.0	28	0.61
5	2.8	26	0.57
6	3.0	27	0.57
7	3.1	28	0.60
8	3.0	27	0.59
9	2.8	26	0.58
10	2.8	25	0.57

【0 2 9 1】

【表 4】

素子番号	出力(mV)	(S/N) 比(dB)	実効トラック幅( $\mu$ m)
1	3.0	27	0.58
2	2.8	28	0.59
3	2.9	27	0.57
4	2.8	27	0.57
5	2.7	26	0.59
6	3.0	25	0.60
7	3.1	27	0.59
8	3.0	28	0.58
9	3.1	26	0.57
10	3.0	25	0.60

【0 2 9 2】

【表 5】

素子番号	出力(mV)	(S/N) 比(dB)	実効トラック幅( $\mu$ m)
1	3.2	27	0.58
2	3.1	27	0.57
3	2.9	28	0.56
4	2.7	26	0.58
5	2.8	27	0.60
6	2.9	27	0.60
7	2.8	26	0.58
8	3.0	27	0.57
9	3.0	28	0.59
10	3.1	27	0.60

【 0 2 9 3 】

【表 6】

素子番号	出力(mV)	(S/N) 比(dB)	実効トラック幅( $\mu$ m)
1	2.9	28	0.58
2	2.8	27	0.59
3	2.7	26	0.56
4	2.8	27	0.58
5	2.9	27	0.56
6	2.9	26	0.55
7	2.7	27	0.54
8	2.8	26	0.58
9	2.7	26	0.56
10	2.9	28	0.57

【 0 2 9 4 】

【表 7】

素子番号	出力(mV)	(S/N) 比(dB)	実効トラック幅( $\mu\text{m}$ )
1	2.8	27	0.55
2	2.7	28	0.54
3	2.8	26	0.53
4	2.9	27	0.54
5	2.9	28	0.54
6	3.0	27	0.542
7	2.8	26	0.53
8	2.9	27	0.54
9	2.9	28	0.55
10	2.8	25	0.51

【 0 2 9 5 】

【表 8】

素子番号	出力(mV)	(S/N) 比(dB)	実効トラック幅( $\mu\text{m}$ )
1	2.9	25	4.8
2	2.9	26	4.9
3	2.7	26	4.8
4	2.6	27	5.1
5	2.7	26	4.8
6	2.8	26	5.0
7	2.5	25	5.1
8	2.5	27	4.9
9	2.6	25	4.6
10	2.6	25	4.5

【 0 2 9 6 】

図 7、図 1 8、図 2 8、図 3 4、図 4 6 及び図 6 1 に示す構造のいずれの場合

も (S/N) 比は 25 dB 以上であり、従来例と比較して大きく向上していることがわかる。これは、いずれの構造の場合もセンス電流がバリア層をバイパスすることを防ぐことができた結果、十分な出力を得ることができ、更に適当量の縦バイアス磁界をフリー層に印加することに成功した結果、ノイズを十分低く押さえることができ、良好な (S/N) 比を得ることができたためである。図 7、図 18、図 28、図 34、図 46 及び図 61 に示す磁気抵抗効果ヘッドの中では、図 61 に示す磁気抵抗効果ヘッドが最も実効トラック幅が小さく良好であった。これは、図 61 に示す磁気抵抗効果ヘッドにおいては、磁性層 8、第 3 の非磁性層 13 及び第 2 の磁性層 12 の部分が積層反強磁性層構造になっているため、この部分が媒体からの漏れ磁界の影響を受けず、再生実効トラック幅がフリー層 3b の幅のみにより決まっているためと考えられる。

【0297】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、従来よりも再生波形のノイズが少なく、(S/N) 比及びビットエラーレートが良好な磁気抵抗効果ヘッドを得ることができる。また、この磁気抵抗効果ヘッドを使用して、高性能な磁気記録再生装置、磁気記憶装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 2】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 1 の次の工程を示す図である。

【図 3】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 2 の次の工程を示す図である。

【図 4】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図

3 の次の工程を示す図である。

【図 5】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 4 の次の工程を示す図である。

【図 6】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 5 の次の工程を示す図である。

【図 7】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 6 の次の工程を示す図である。

【図 8】

本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 9】

本実施例の他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 1 0】

本発明の第 2 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 1 1】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 1 0 の次の工程を示す図である。

【図 1 2】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 1 1 の次の工程を示す図である。

【図 1 3】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 1 2 の次の工程を示す図である。

【図 1 4】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図

1 3 の次の工程を示す図である。

【図 1 5】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 1 4 の次の工程を示す図である。

【図 1 6】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 1 5 の次の工程を示す図である。

【図 1 7】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 1 6 の次の工程を示す図である。

【図 1 8】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 1 7 の次の工程を示す図である。

【図 1 9】

本発明の第 3 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 2 0】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 1 9 の次の工程を示す図である。

【図 2 1】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 2 0 の次の工程を示す図である。

【図 2 2】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 2 1 の次の工程を示す図である。

【図 2 3】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 2 2 の次の工程を示す図である。

【図 2 4】



本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 2 3 の次の工程を示す図である。

【図 2 5】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 2 4 の次の工程を示す図である。

【図 2 6】

本発明の第 4 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 2 7】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 2 6 の次の工程を示す図である。

【図 2 8】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 2 7 の次の工程を示す図である。

【図 2 9】

本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 3 0】

本実施例の他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 3 1】

本発明の第 5 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 3 2】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 3 1 の次の工程を示す図である。

【図 3 3】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 3 2 の次の工程を示す図である。

【図 3 4】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 3 3 の次の工程を示す図である。

【図 3 5】

本発明の第 6 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 3 6】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 3 5 の次の工程を示す図である。

【図 3 7】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 3 6 の次の工程を示す図である。

【図 3 8】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 3 7 の次の工程を示す図である。

【図 3 9】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 3 8 の次の工程を示す図である。

【図 4 0】

本発明の第 7 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 4 1】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 4 0 の次の工程を示す図である。

【図 4 2】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 4 1 の次の工程を示す図である。

【図 4 3】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 4 2 の次の工程を示す図である。

【図 4 4】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 4 3 の次の工程を示す図である。

【図 4 5】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 4 4 の次の工程を示す図である。

【図 4 6】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 4 5 の次の工程を示す図である。

【図 4 7】

本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 4 8】

本実施例の他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 4 9】

本実施例の更に他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 5 0】

本実施例の更に他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 5 1】

本実施例の更に他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 5 2】

本実施例の更に他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 5 3】

本実施例の更に他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 5 4】

本実施例の更に他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 5 5】

本発明の第 8 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 5 6】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 5 5 の次の工程を示す図である。

【図 5 7】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 5 6 の次の工程を示す図である。

【図 5 8】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 5 7 の次の工程を示す図である。

【図 5 9】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 5 8 の次の工程を示す図である。

【図 6 0】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 5 9 の次の工程を示す図である。

【図 6 1】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 6 0 の次の工程を示す図である。

【図 6 2】

本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 6 3】

本実施例の他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 6 4】

本発明の第 9 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 6 5】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 6 4 の次の工程を示す図である。

【図 6 6】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 6 5 の次の工程を示す図である。

【図 6 7】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 6 6 の次の工程を示す図である。

【図 6 8】

本発明の第 1 0 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 6 9】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 6 8 の次の工程を示す図である。

【図 7 0】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 6 8 の次の工程を示す図である。

【図 7 1】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 6 8 の次の工程を示す図である。

【図 7 2】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 6 8 の次の工程を示す図である。

【図 7 3】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図

68の次の工程を示す図である。

【図74】

本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図75】

本発明の第11の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図76】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図75の次の工程を示す図である。

【図77】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図76の次の工程を示す図である。

【図78】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図77の次の工程を示す図である。

【図79】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図78の次の工程を示す図である。

【図80】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図79の次の工程を示す図である。

【図81】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図80の次の工程を示す図である。

【図82】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図81の次の工程を示す図である。

【図83】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図

82の次の工程を示す図である。

【図84】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図83の次の工程を示す図である。

【図85】

本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図86】

本実施例の他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図87】

本実施例の更に他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図88】

本発明の第12の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図89】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図88の次の工程を示す図である。

【図90】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図89の次の工程を示す図である。

【図91】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図90の次の工程を示す図である。

【図92】

本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図93】

本実施例の他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 9 4】

本発明の第 1 3 の実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図である。

【図 9 5】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 9 4 の次の工程を示す図である。

【図 9 6】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 9 5 の次の工程を示す図である。

【図 9 7】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 9 6 の次の工程を示す図である。

【図 9 8】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 9 7 の次の工程を示す図である。

【図 9 9】

本実施例に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を示す部分断面図であって、図 9 8 の次の工程を示す図である。

【図 1 0 0】

本実施例の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 1 0 1】

本実施例の他の変形例に係る磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 1 0 2】

本発明の第 1 4 の実施例に係る磁気記録再生ヘッドの構成を示す斜視図である。

【図 1 0 3】

本実施例に係る磁気抵抗変換システムの構成を示す模式図である。

【図 1 0 4】



本実施例に係る磁気記録システムの構成を示すブロック図である。

【図 1 0 5】

本実施例に係る磁気記録システムの構成を示す斜視図である。

【図 1 0 6】

従来の磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 1 0 7】

従来の磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【図 1 0 8】

従来の磁気抵抗効果ヘッドの構成を示す部分断面図である。

【符号の説明】

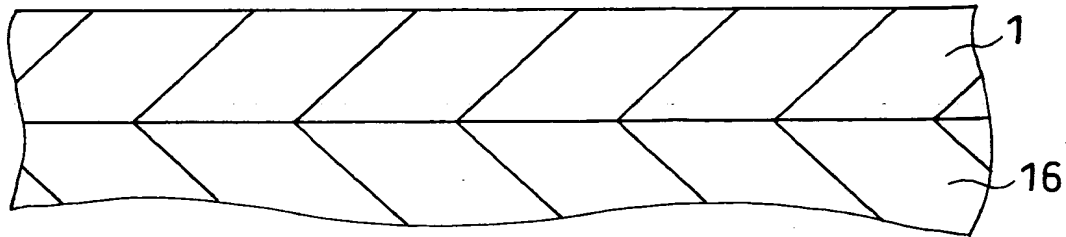
- 1 ; 下部導伝層
- 1 a : 凹部
- 2 a ; 2縦バイアス層下地層
- 2 b ; 縦バイアス層
- 3 a ; フリー層下地層
- 3 b ; フリー層
- 4 ; 非磁性層
- 5 ; 固定層
- 6 a ; 固定化層下地層
- 6 b ; 固定化層
- 7 ; 上部層
- 8 a ; 磁性層下地層
- 8 b ; 第 1 の磁性層
- 9 ; 第 2 の非磁性層
- 1 1、1 1 b ; 絶縁層
- 1 1 a ; 凹部
- 1 2 ; 第 2 の磁性層
- 1 3 ; 第 3 の非磁性層
- 1 5 ; 上部導電層

1 6 ; 下シールド層  
1 7 ; 上シールド層  
1 8 ; 第 4 の非磁性層  
1 9 ; 第 2 のフリー層  
2 0 ; フォトレジスト  
2 0 a ; 開口部  
2 1 ; フォトレジスト  
2 1 a ; 開口部  
2 2 ; フォトレジスト  
2 5 ; 第 5 の非磁性層  
2 6 ; 第 2 の固定層  
2 7 ; 第 2 の固定化層  
2 9 a、2 9 b、2 9 c、2 9 d、2 9 e、2 9 f ; パターン  
3 0 ~ 3 9 ; 磁気抵抗効果素子  
4 1 ; コイル  
4 2 ; 基体  
4 3 ; 磁極  
4 4 ; 上磁極  
4 5 ; 再生ヘッド  
4 6 ; 記録ヘッド  
5 0 ; 記録ヘッド  
5 1 ; 再生ヘッド  
5 2 ; ヘッドスライダを兼ねる基板  
5 3 ; 記録媒体  
5 4 ; 媒体からの漏れ磁界  
6 1 ~ 6 9 ; 磁気抵抗効果ヘッド  
1 0 1 ; 第 2 のアクチュエータ  
1 0 2 ; 磁気記録媒体  
1 0 3 ; 磁気記録再生ヘッド

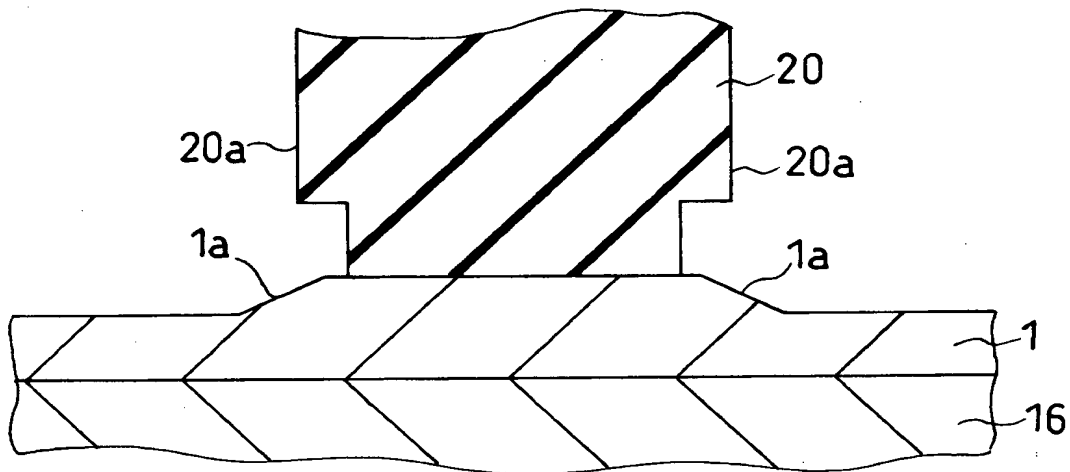
- 1 0 4 ; サスペンション
- 1 0 5 ; アーム
- 1 0 7 ; センス電流検出手段
- 1 0 8 ; コントローラ
- 1 0 6 ; 第1のアクチュエータ
- 1 2 9 ; 基板
- 1 3 0 ; 記録再生素子部(磁気記録再生ヘッド)
- 1 3 1 a ; 記録素子部(記録ヘッド)に接続された電極端子
- 1 3 1 b ; 再生素子部(再生ヘッド)に接続された電極端子
- 1 3 2 ; 保護膜
- 1 3 3 ; 電流駆動回路
- 1 3 4 ; 再生素子部にセンス電流を流す電流発生回路
- 1 3 5 ; データ読み取り回路

【書類名】 図面

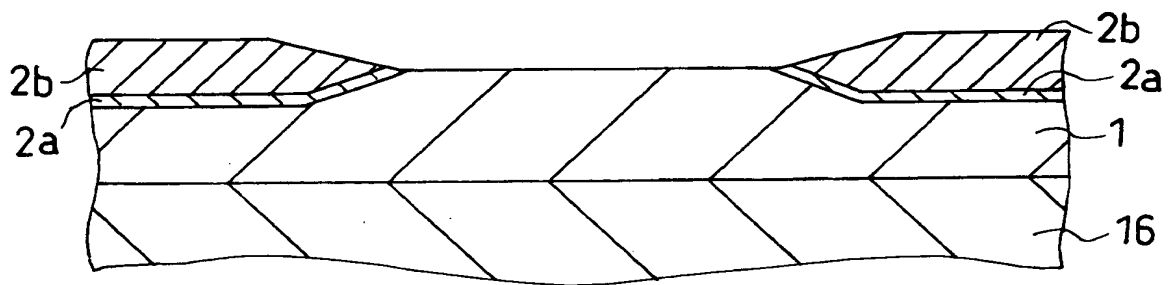
【図 1】



【図 2】

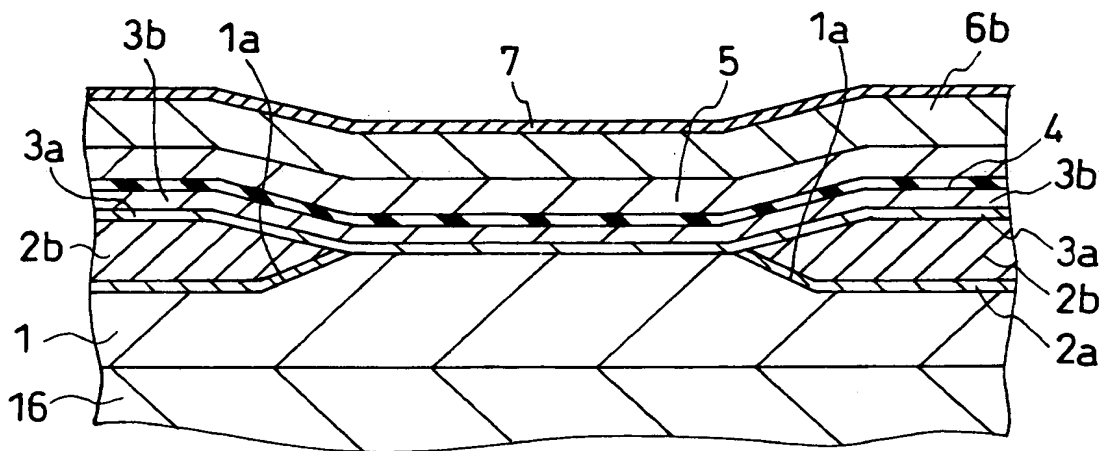


【図 3】

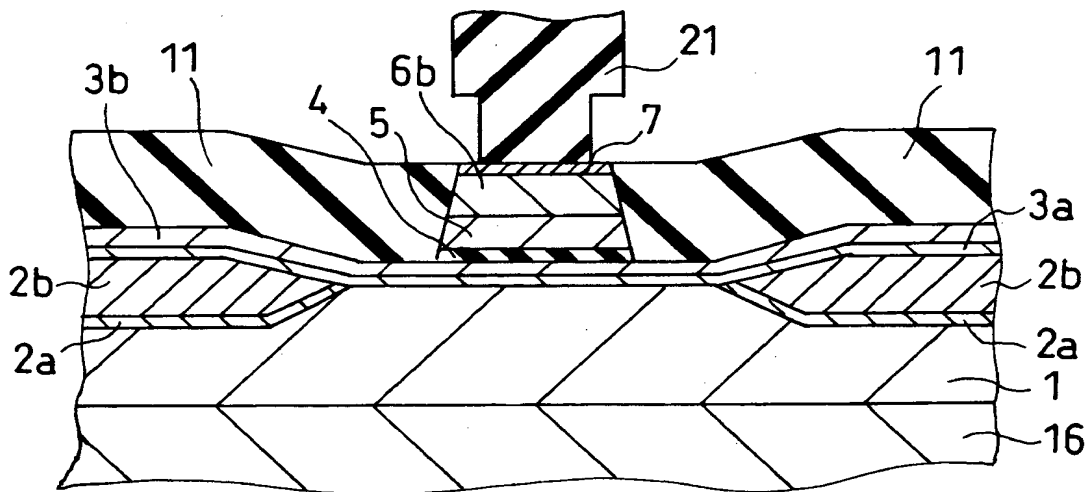


1 ; 下部導伝層      1 a ; 凹部      2 a ; 縦バイアス層下地層  
 2 b ; 縦バイアス層      1 6 ; 下シールド層      2 0 ; フォトレジスト  
 2 0 a ; 開口部

【図 4】

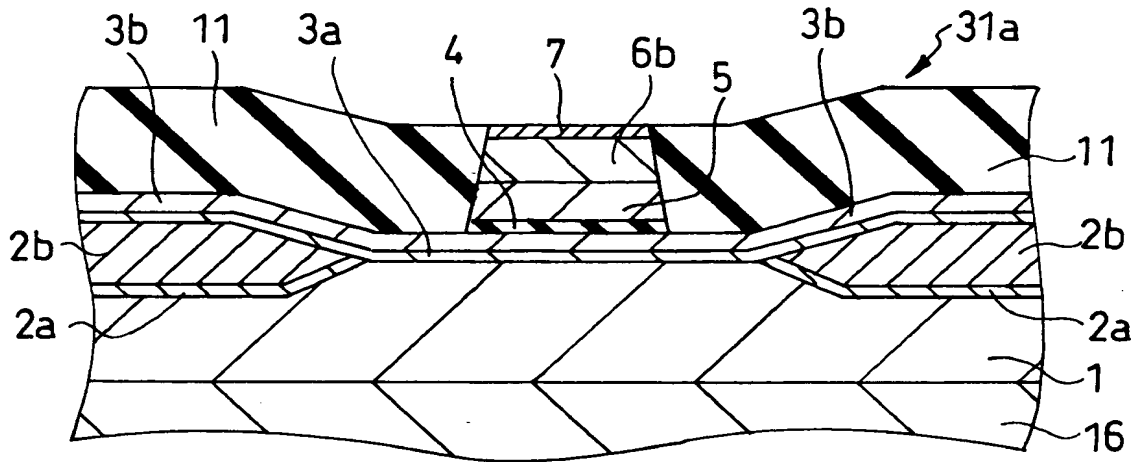


【図 5】

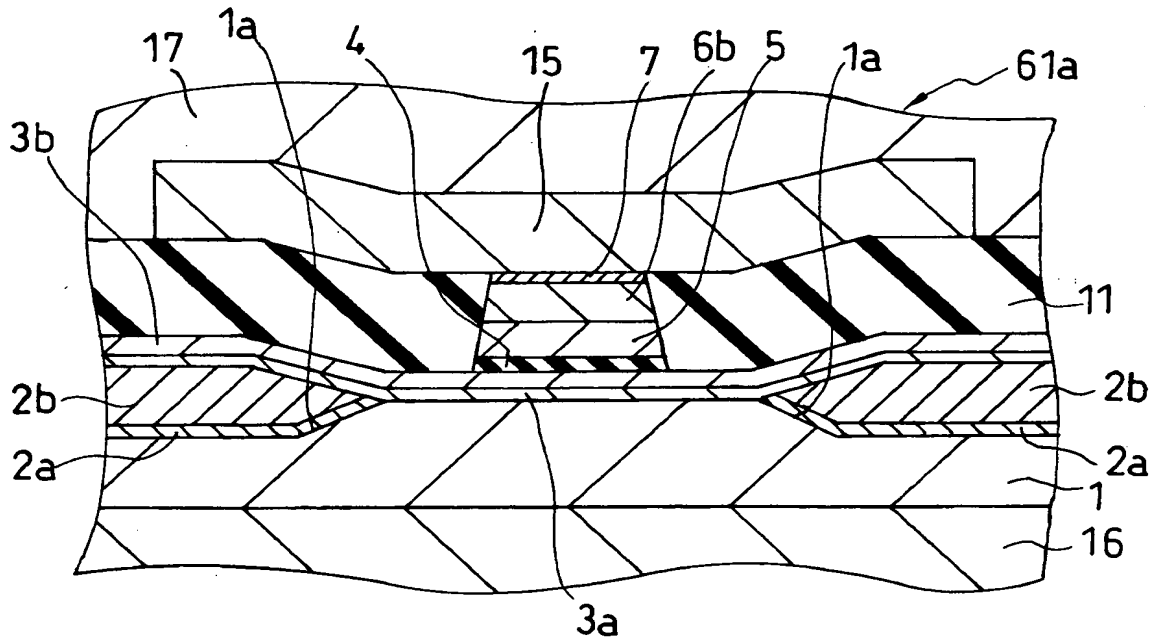


- |              |               |                 |
|--------------|---------------|-----------------|
| 1 ; 下部導伝層    | 1 a ; 凹部      | 2 a ; 縦バイアス層下地層 |
| 2 b ; 縦バイアス層 | 3 a ; フリー層下地層 | 3 b ; フリー層      |
| 4 ; 非磁性層     | 5 ; 固定層       | 6 b ; 固定化層      |
| 7 ; 上部層      | 1 6 ; 下シールド層  | 2 1 ; フォトレジスト   |

【図 6】

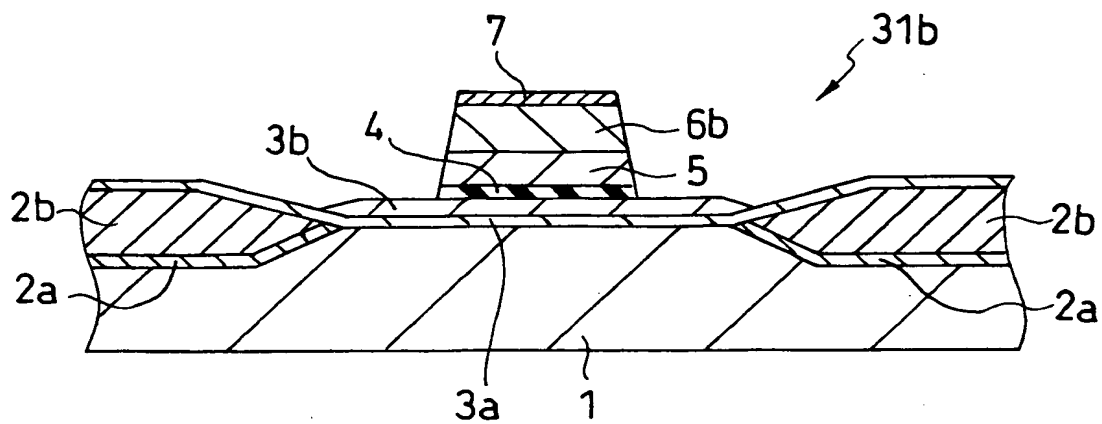


【図 7】

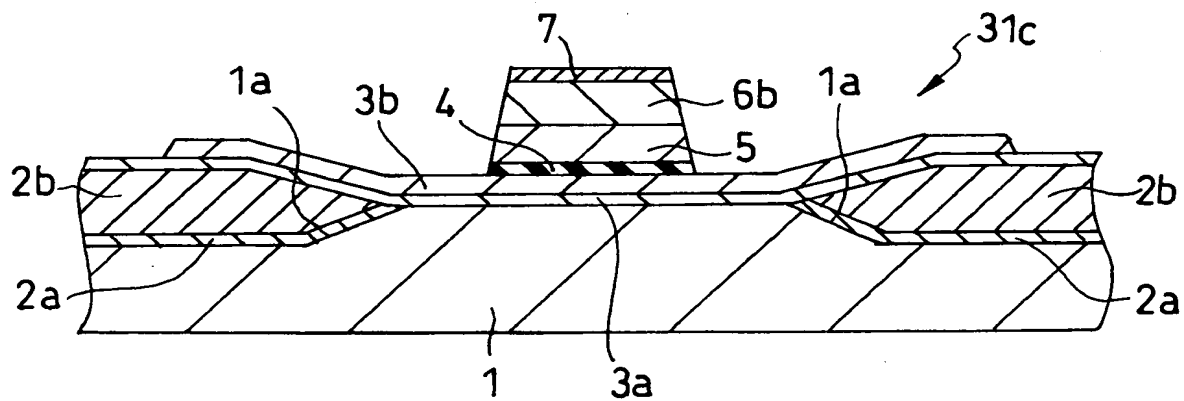


- |                   |               |                  |
|-------------------|---------------|------------------|
| 1 ; 下部導伝層         | 1 a ; 凹部      | 2 a ; 縦バイアス層下地層  |
| 2 b ; 縦バイアス層      | 3 a ; フリー層下地層 | 3 b ; フリー層       |
| 4 ; 非磁性層          | 5 ; 固定層       | 6 b ; 固定化層       |
| 7 ; 上部層           | 1 1 ; 絶縁層     | 1 5 ; 上部導電層      |
| 1 6 ; 下シールド層      | 1 7 ; 上シールド層  | 3 1 a ; 磁気抵抗効果素子 |
| 6 1 a ; 磁気抵抗効果ヘッド |               |                  |

【図 8】

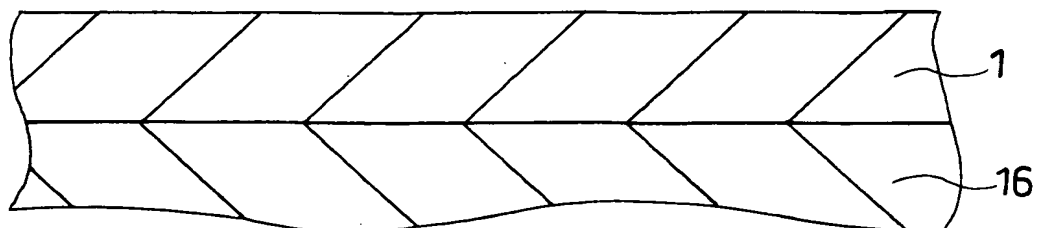


【図 9】

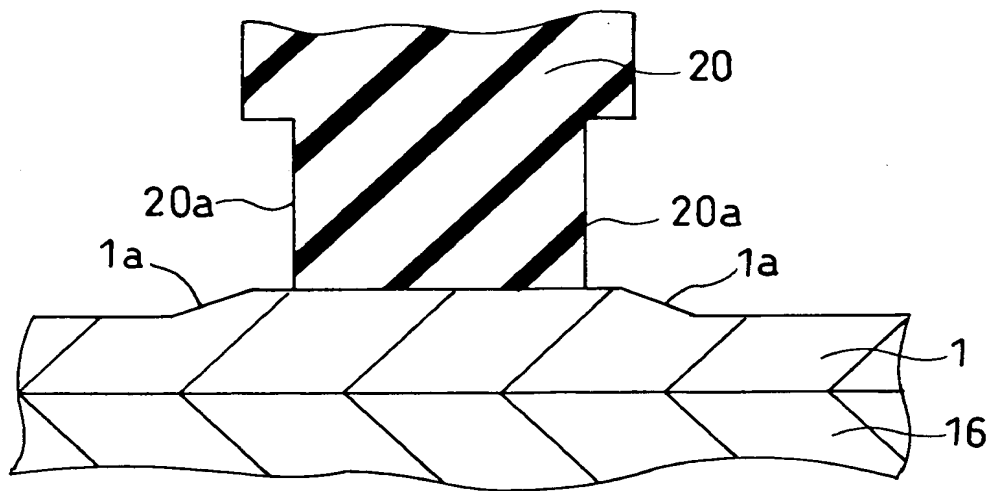


- |              |                      |                 |
|--------------|----------------------|-----------------|
| 1 ; 下部導伝層    | 1 a ; 凹部             | 2 a ; 縦バイアス層下地層 |
| 2 b ; 縦バイアス層 | 3 a ; フリー層下地層        | 3 b ; フリー層      |
| 4 ; 非磁性層     | 5 ; 固定層              | 6 b ; 固定化層      |
| 7 ; 上部層      | 31 b、31 c ; 磁気抵抗効果素子 |                 |

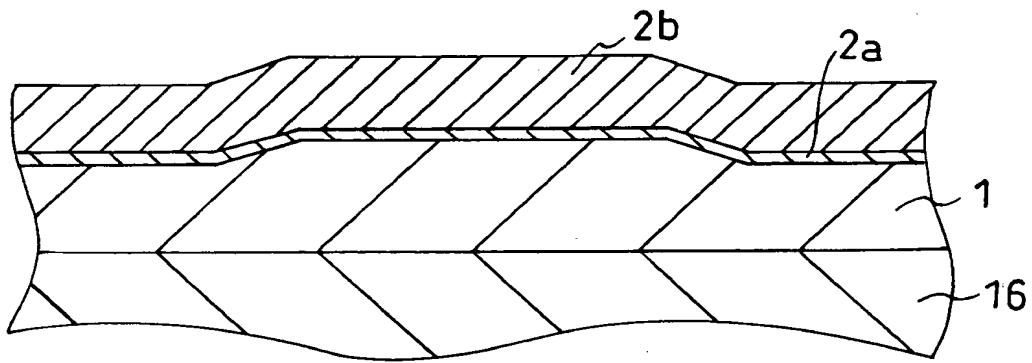
【図 10】



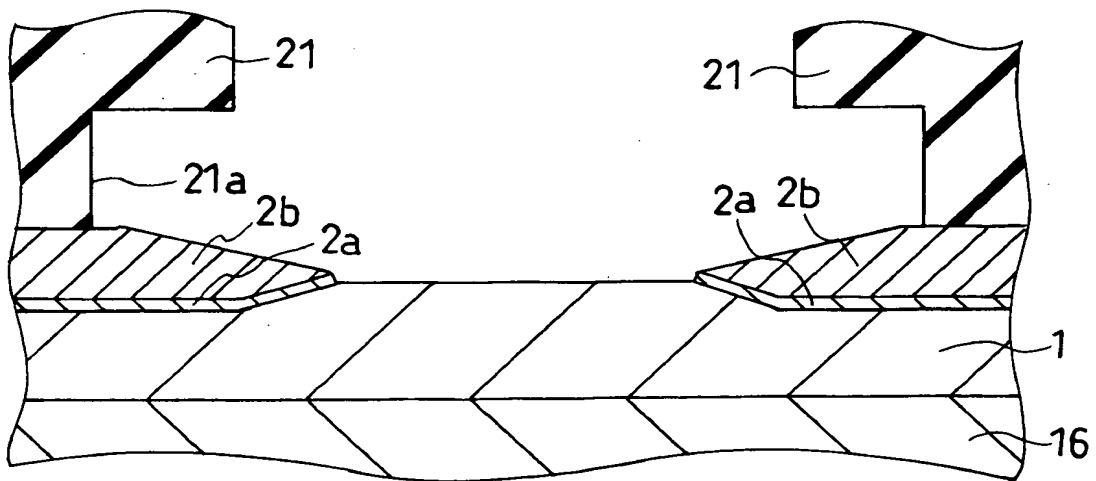
【図 1 1】



【図 1 2】

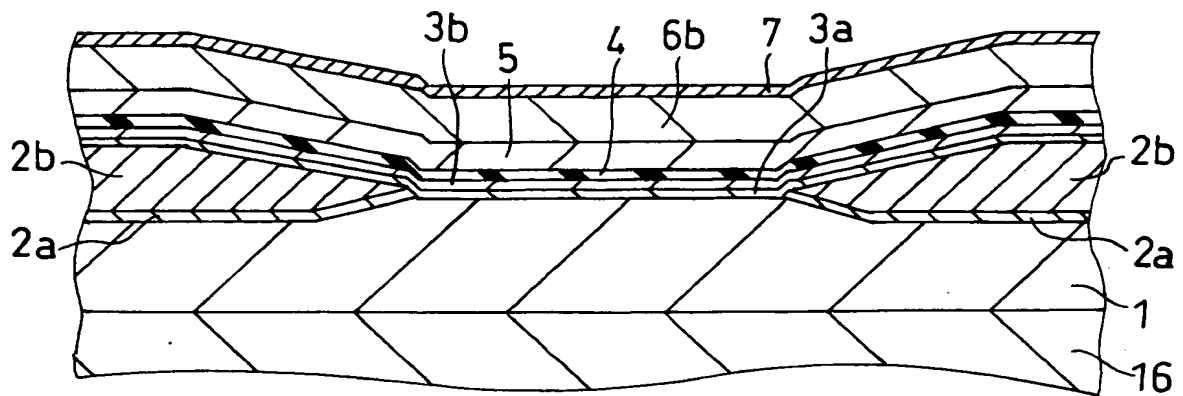


【図 1 3】

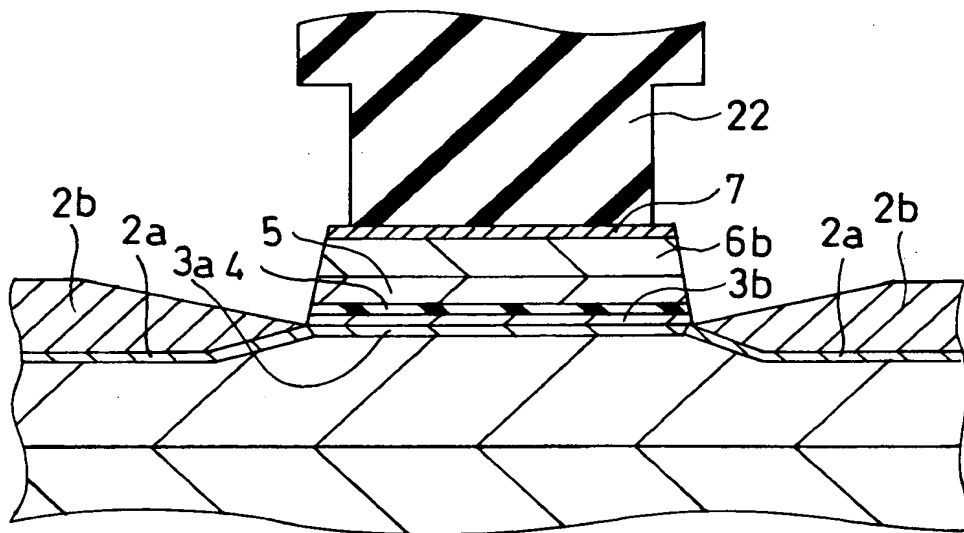




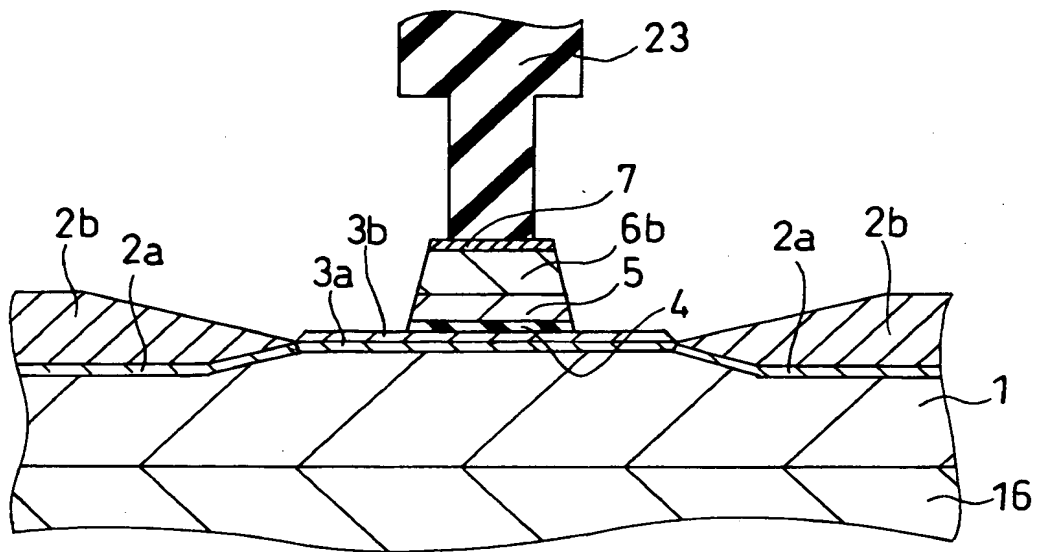
【図 14】



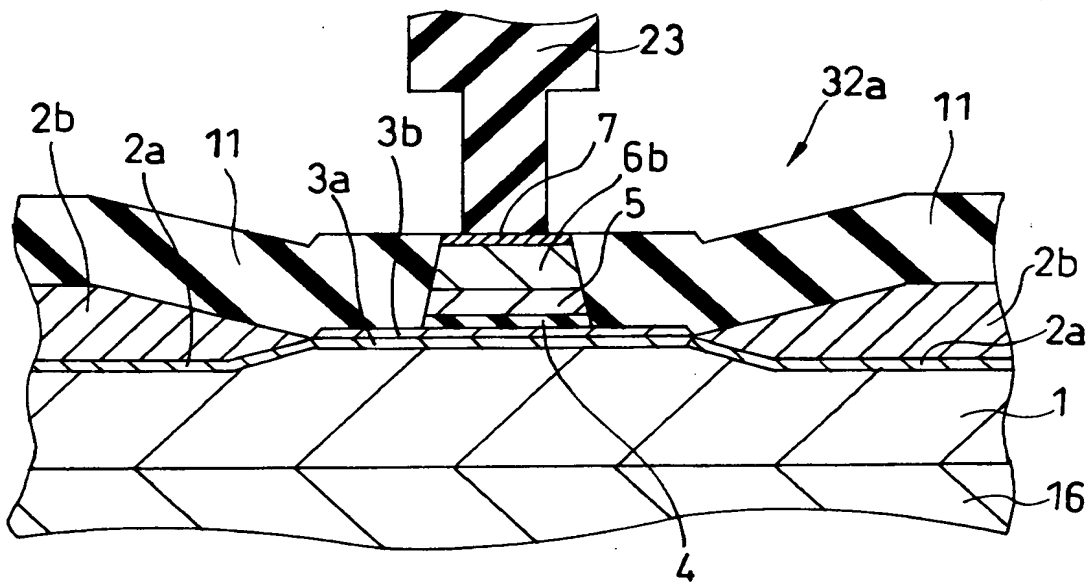
【図 15】



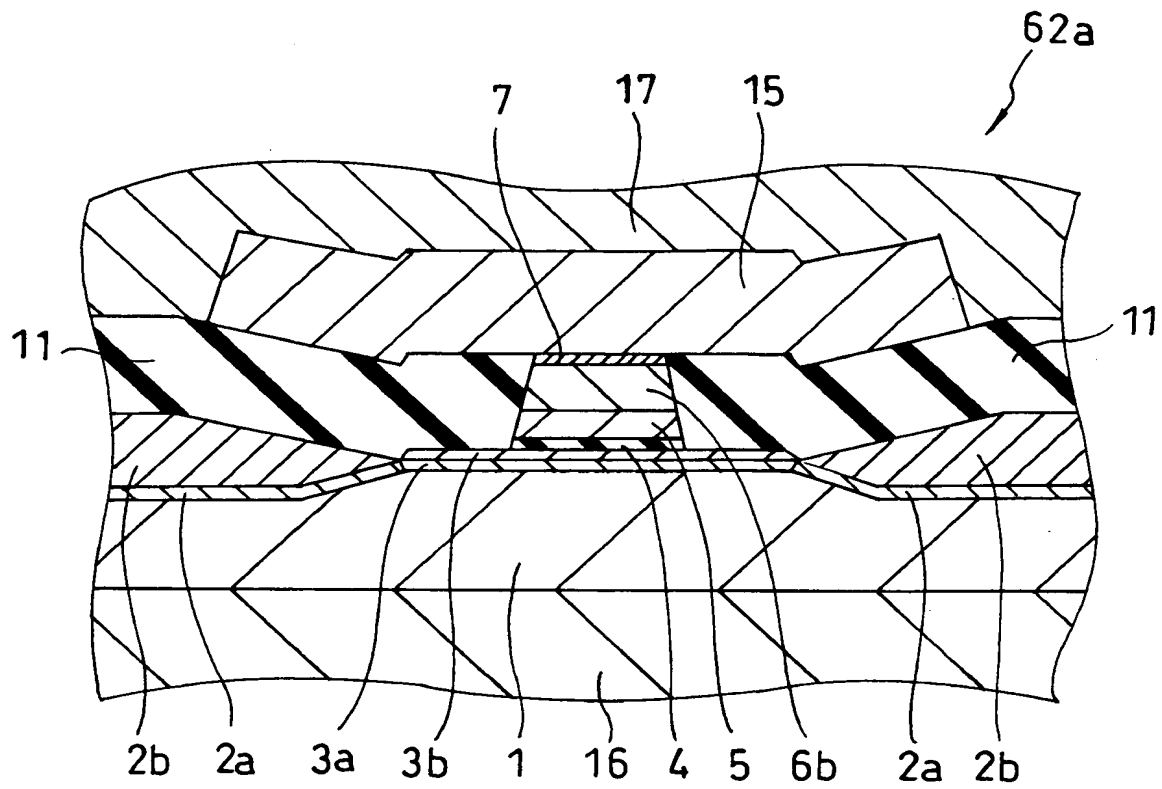
【図 16】



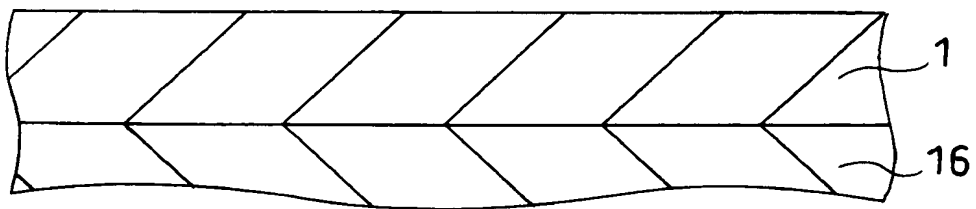
【図 17】



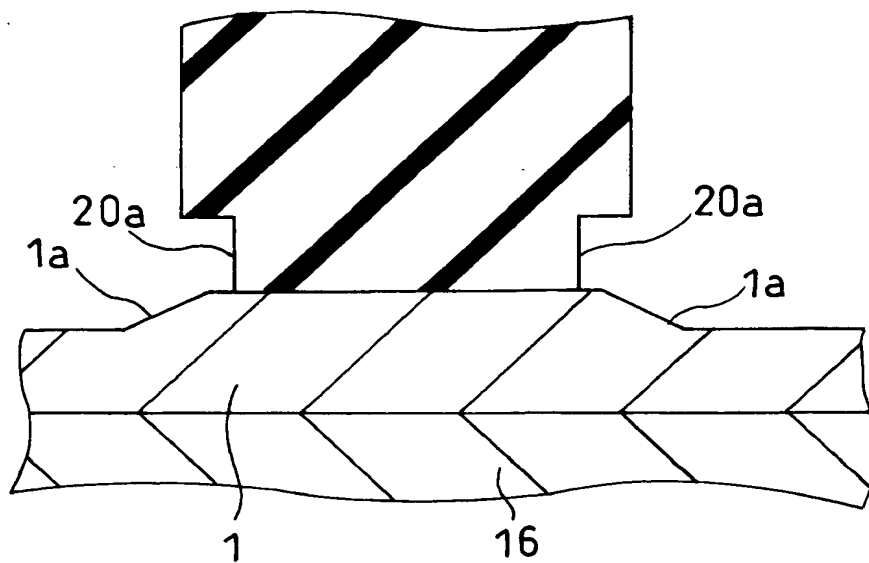
【図18】



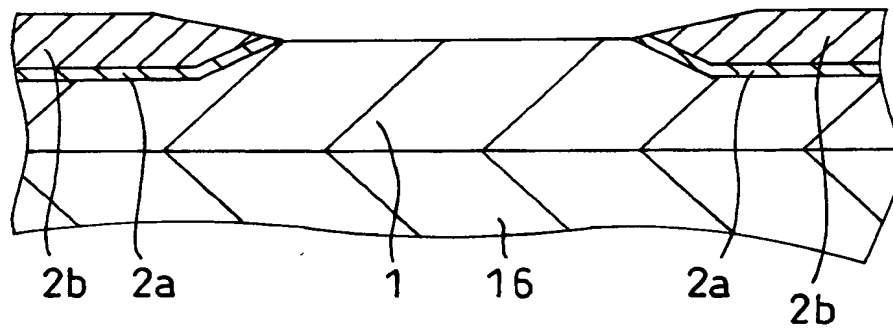
【図19】



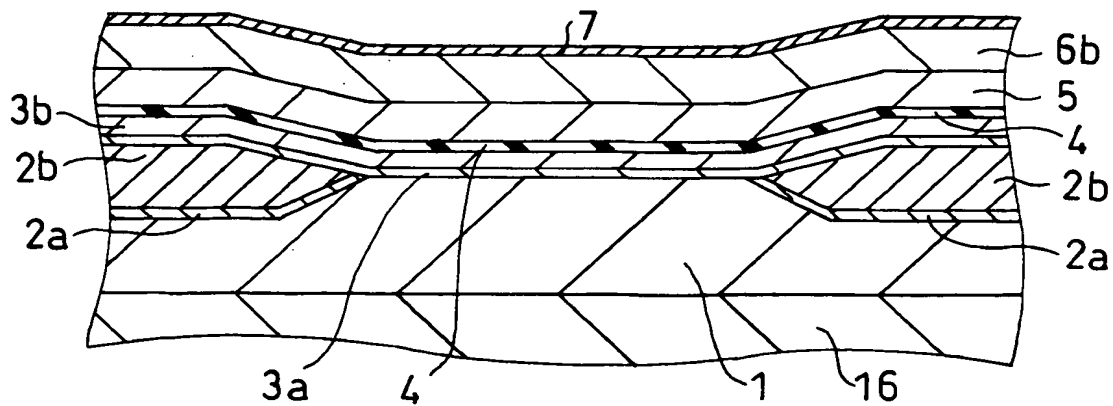
【図20】



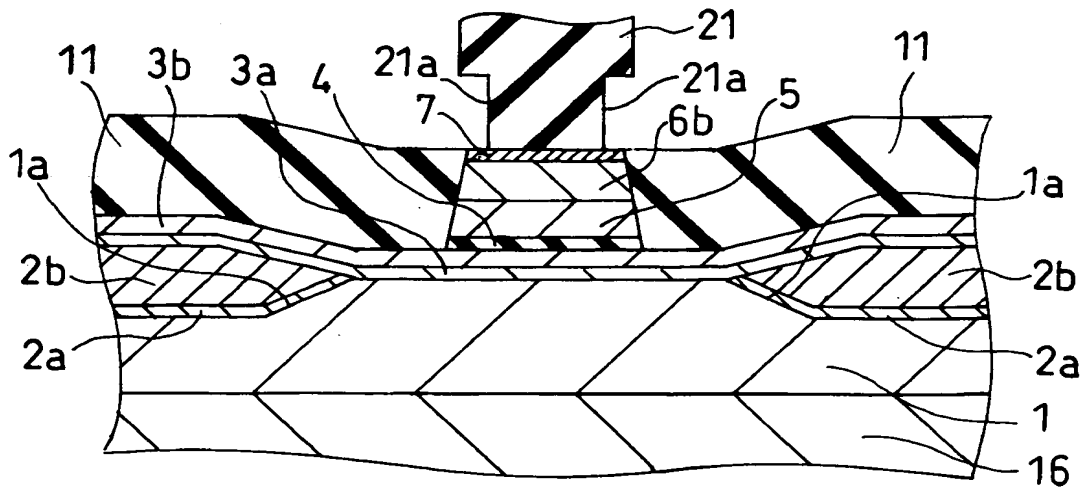
【図21】



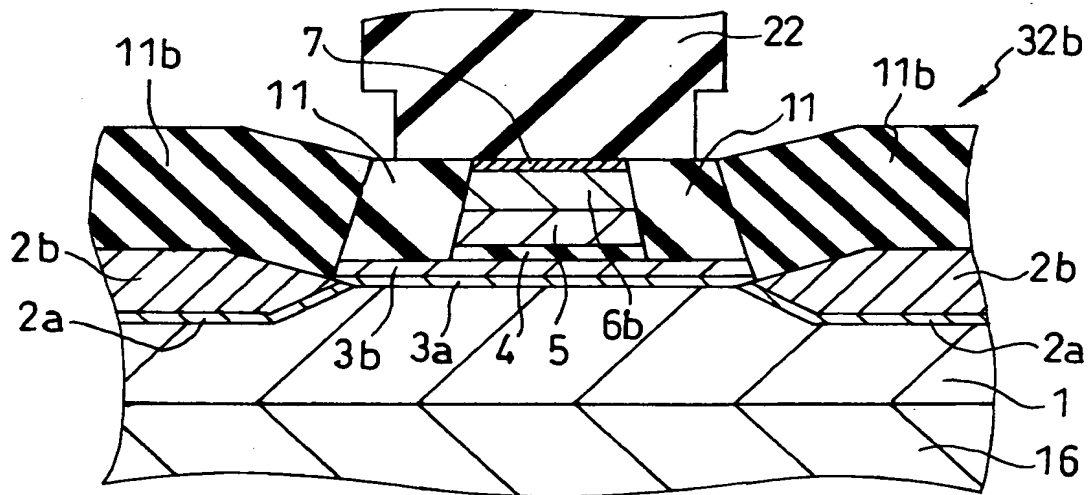
【図22】



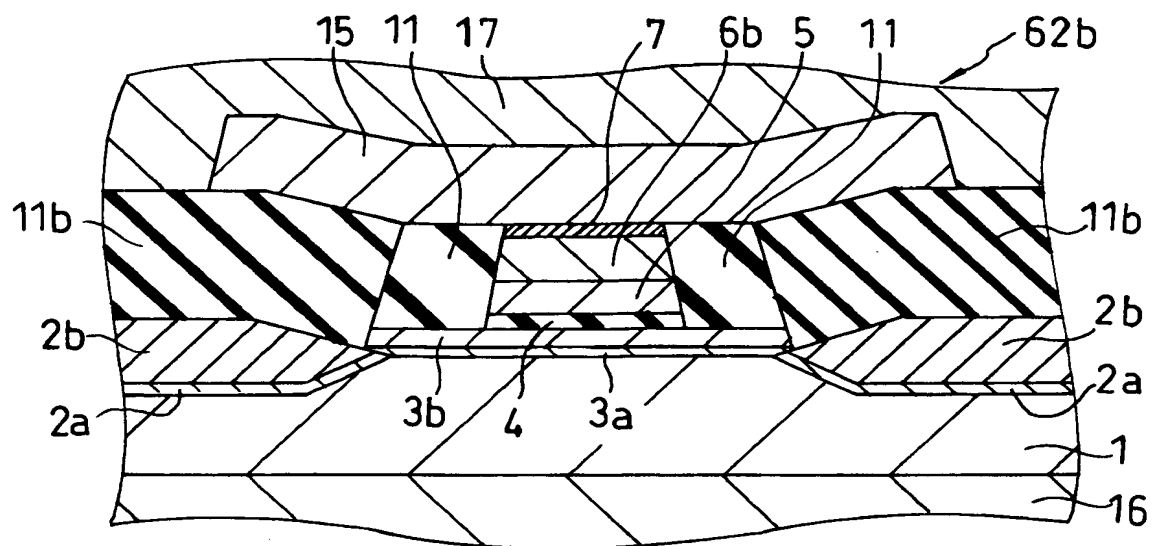
【図 23】



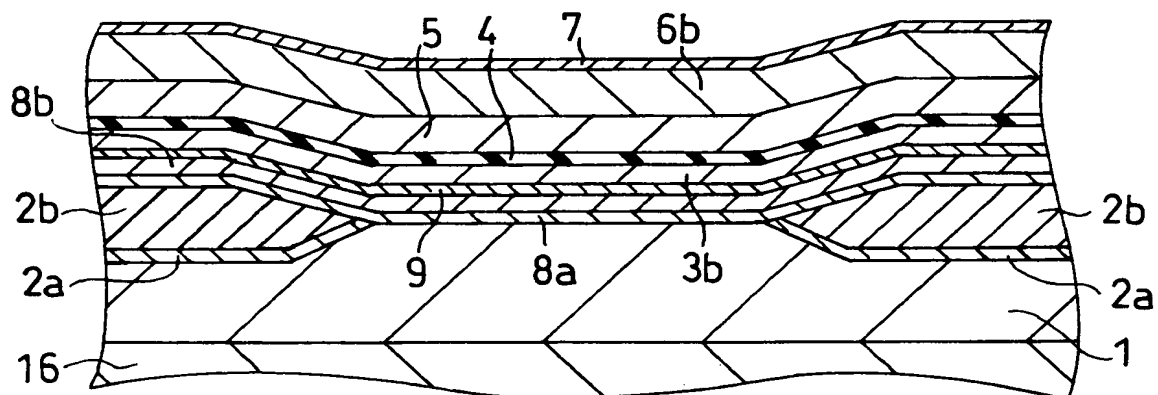
【図 24】



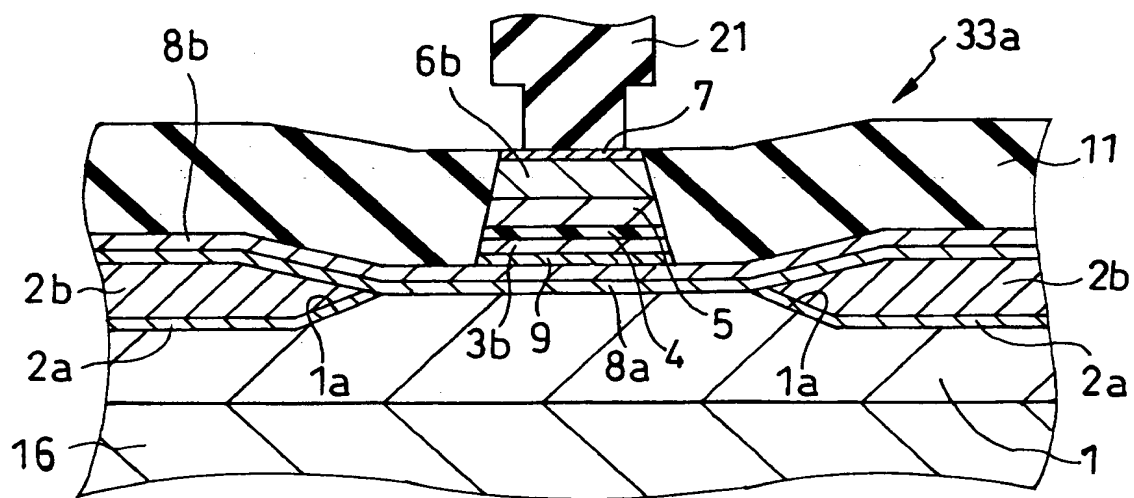
【図 25】



【図 26】

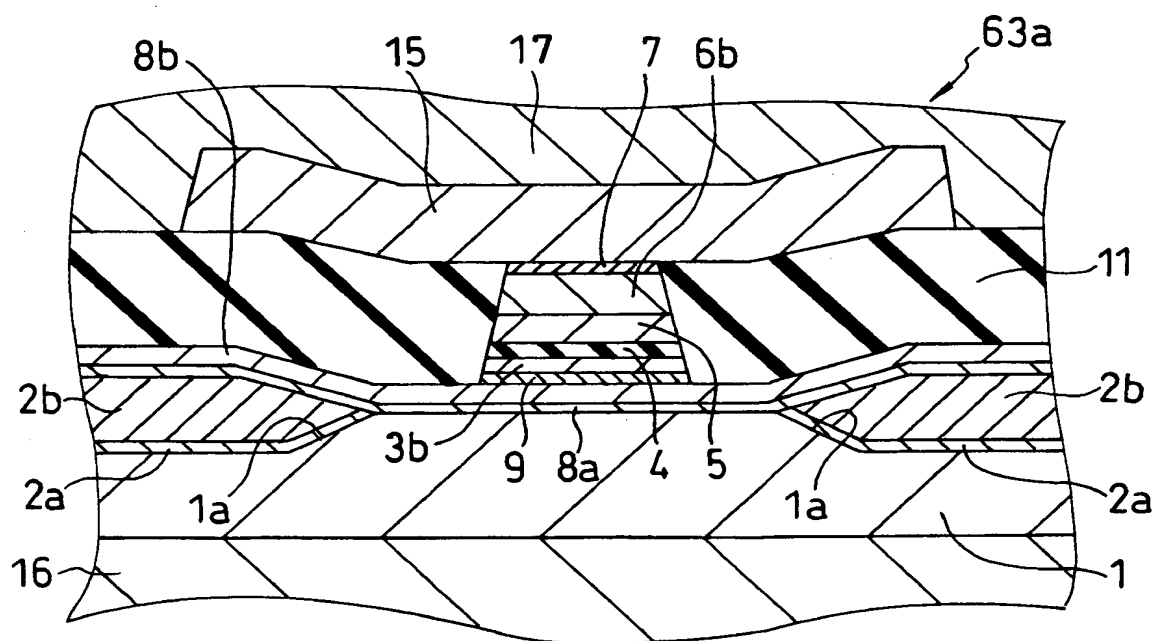


【图 2 7】

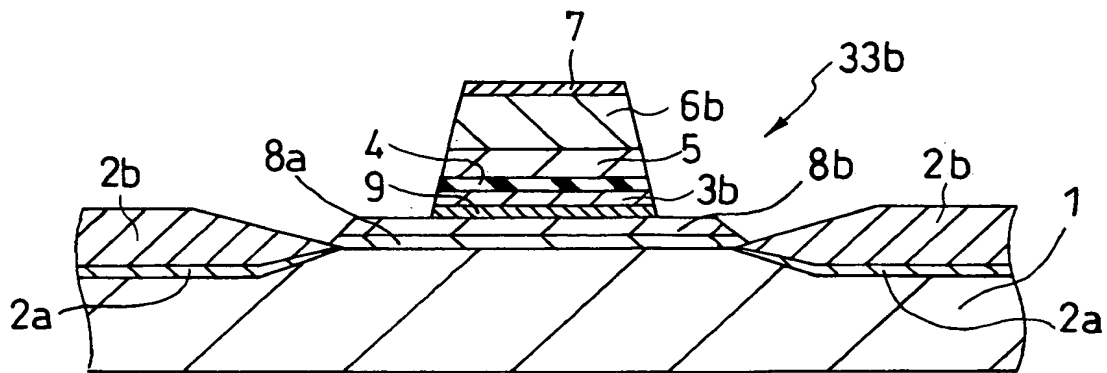


8a; 磁性層下地層 8b; 第1の磁性層 9; 第2の非磁性層

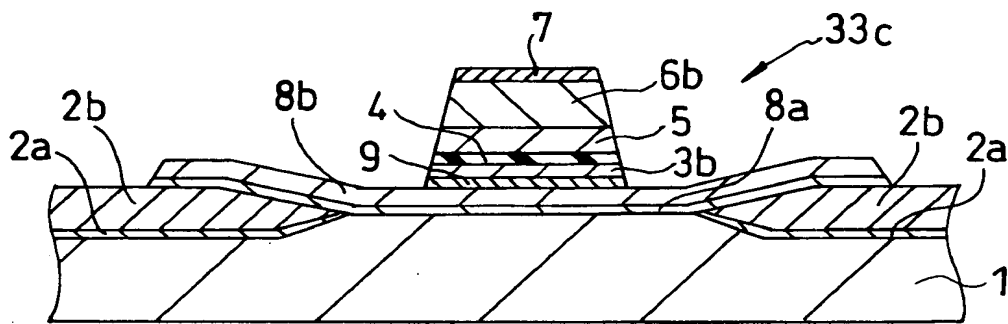
【図 28】



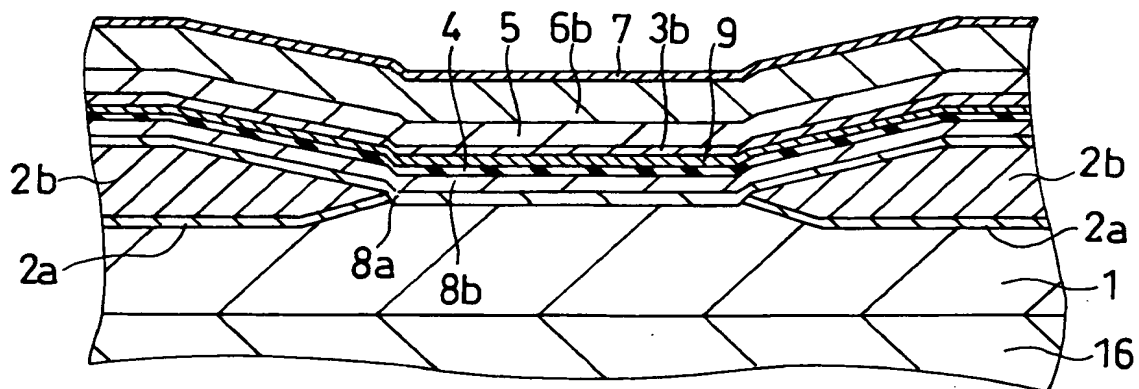
【図 2 9】



【図 3 0】

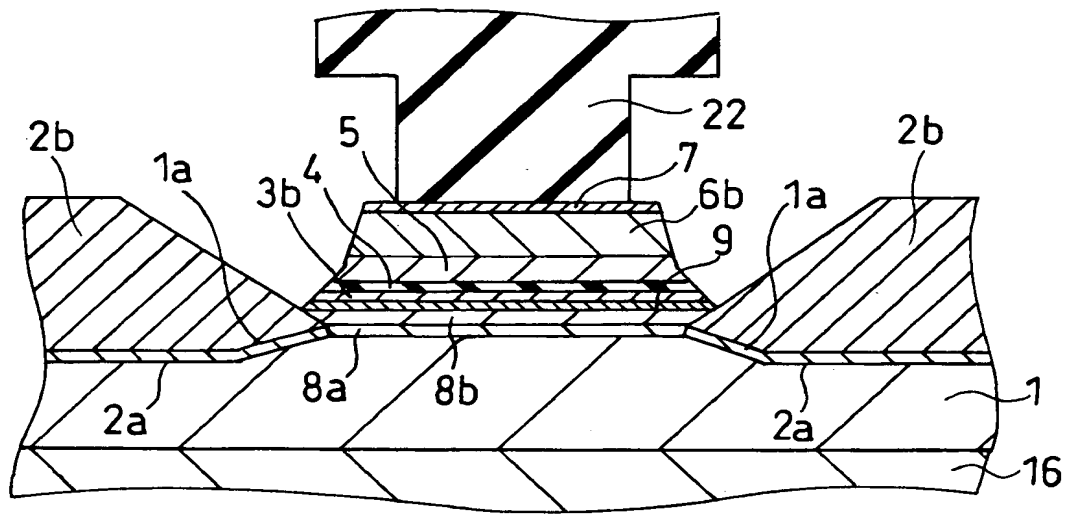


【図 3 1】

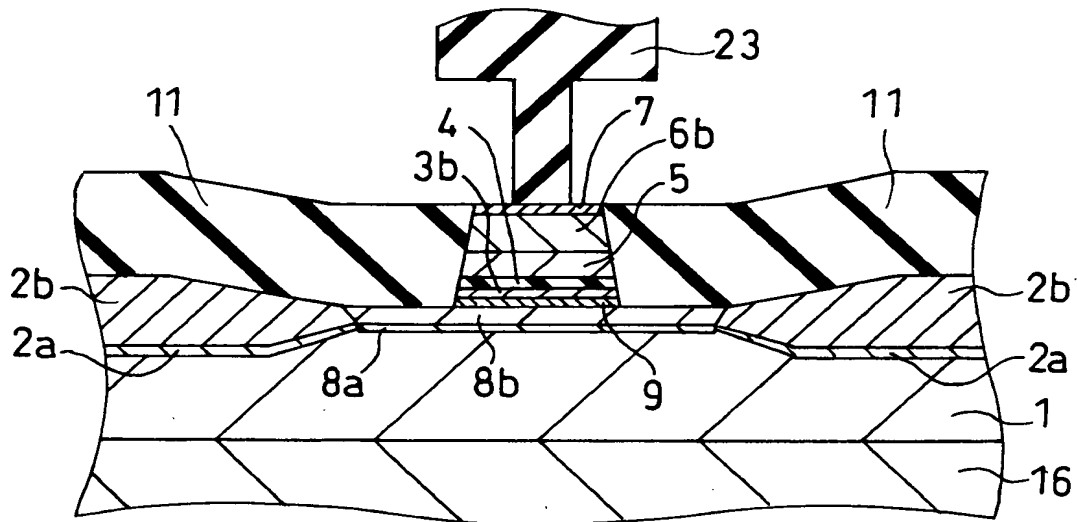




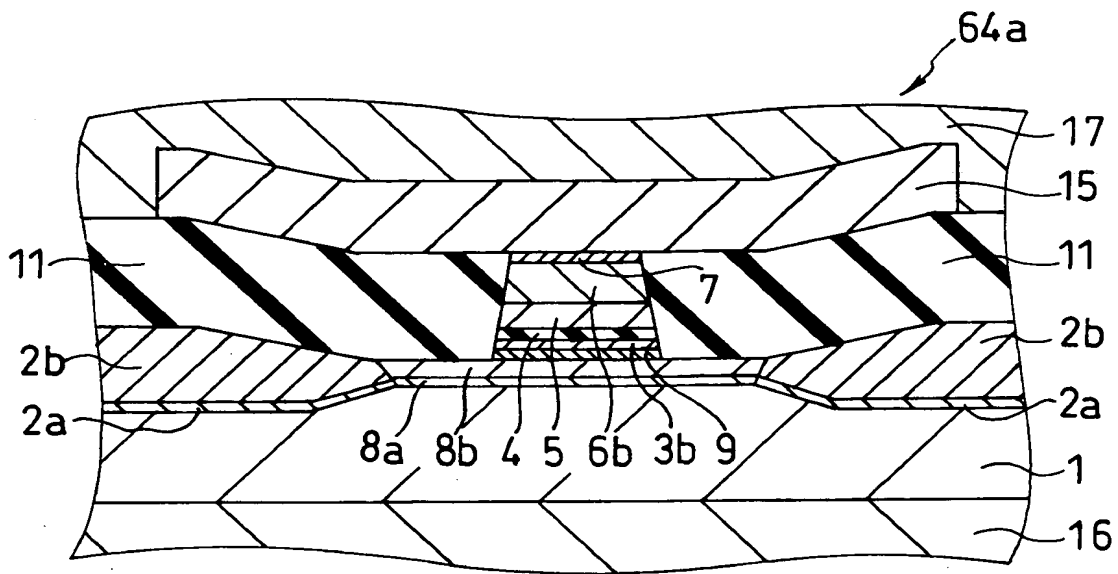
【図 3 2】



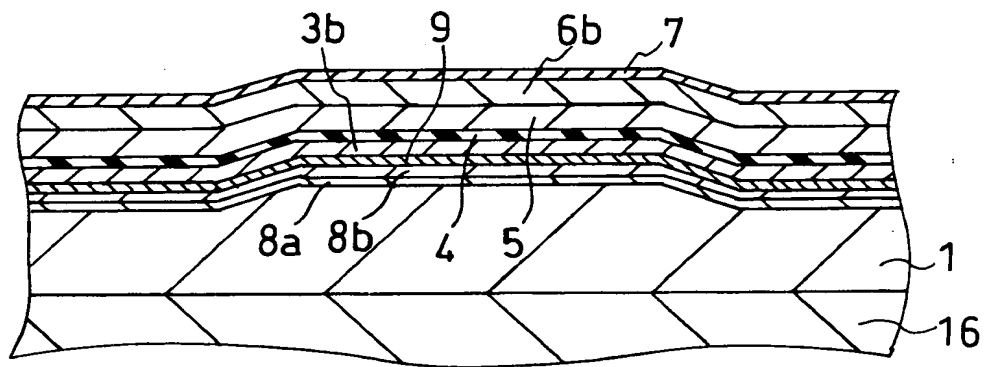
【図 3 3】



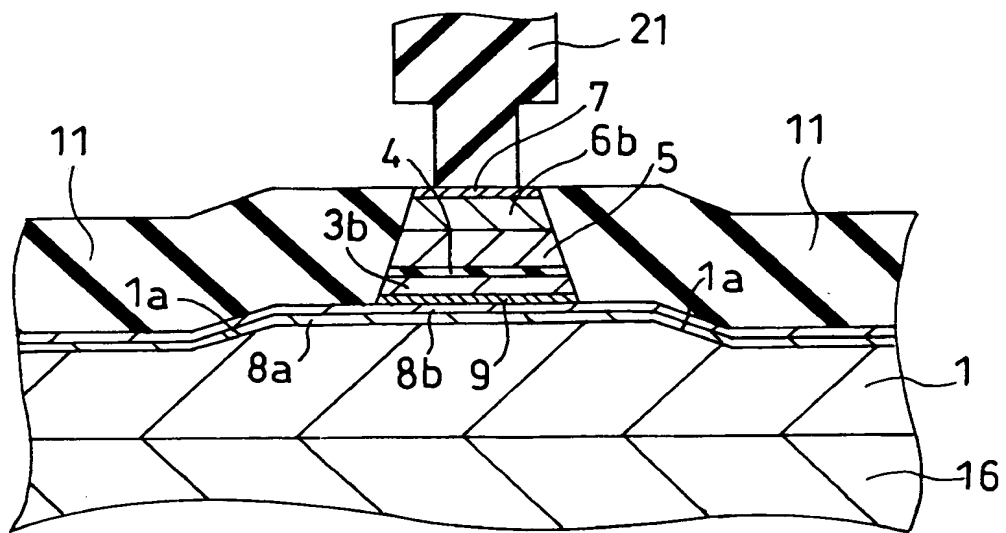
【図 3 4】



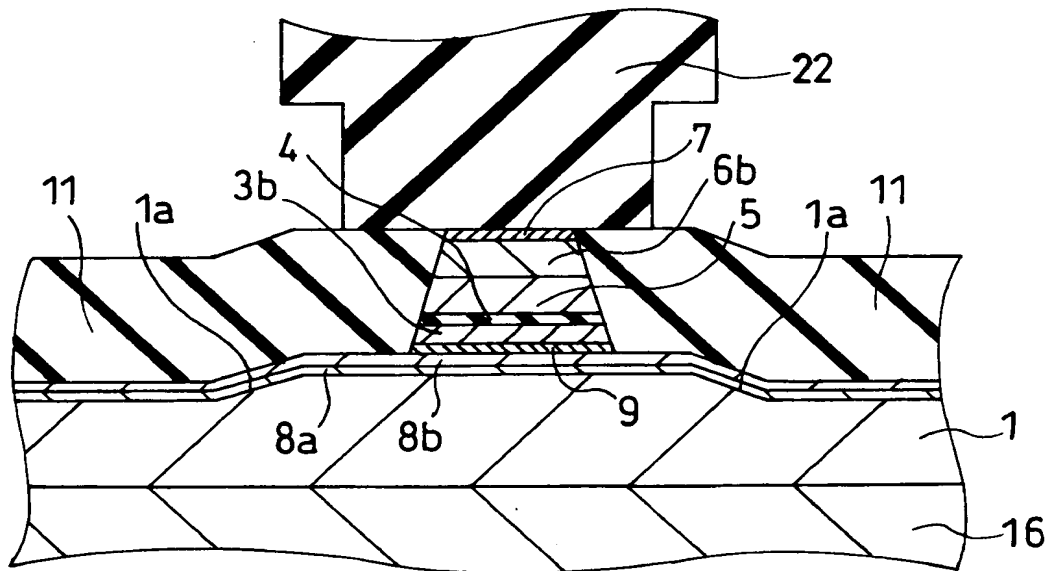
【図 3 5】



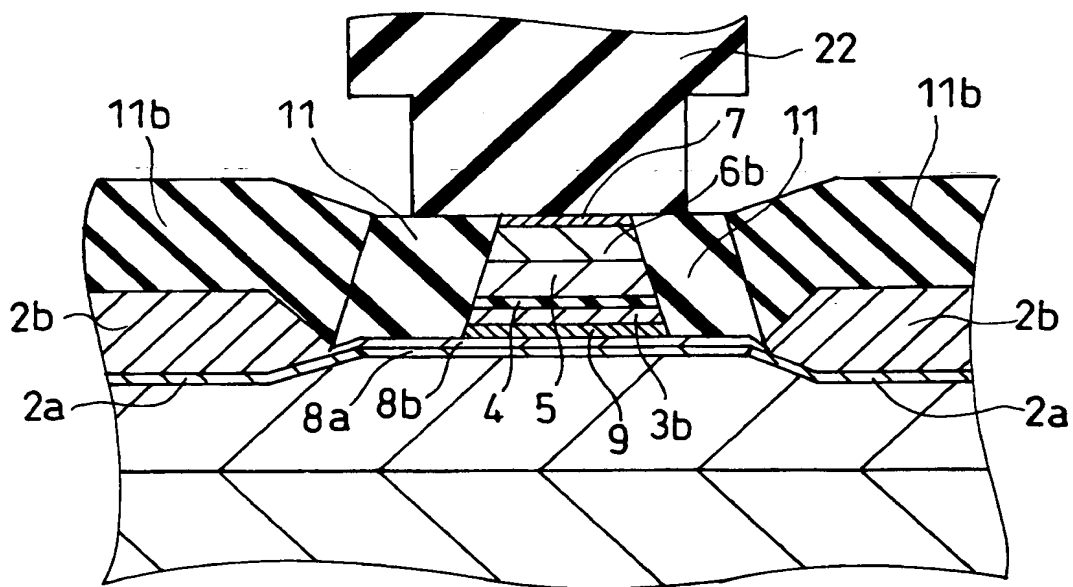
【図 3 6】



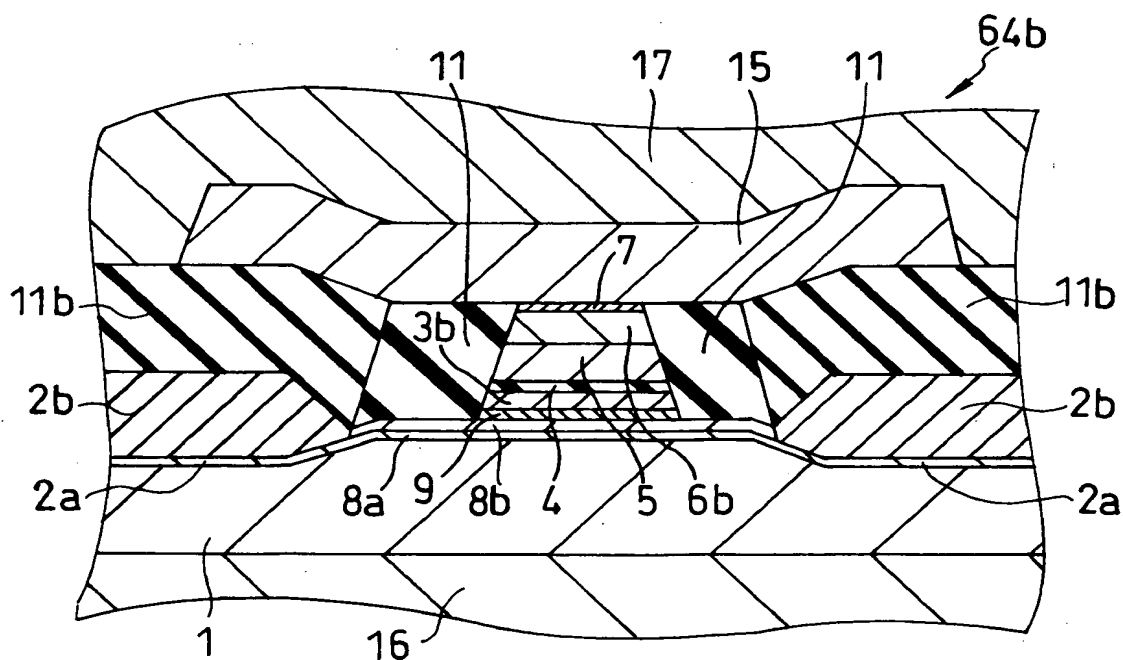
【図 3 7】



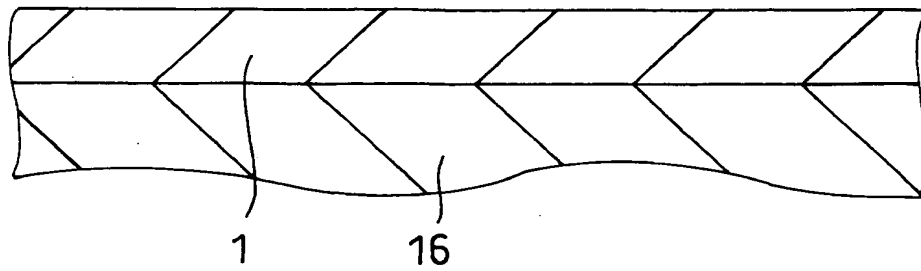
【図 38】



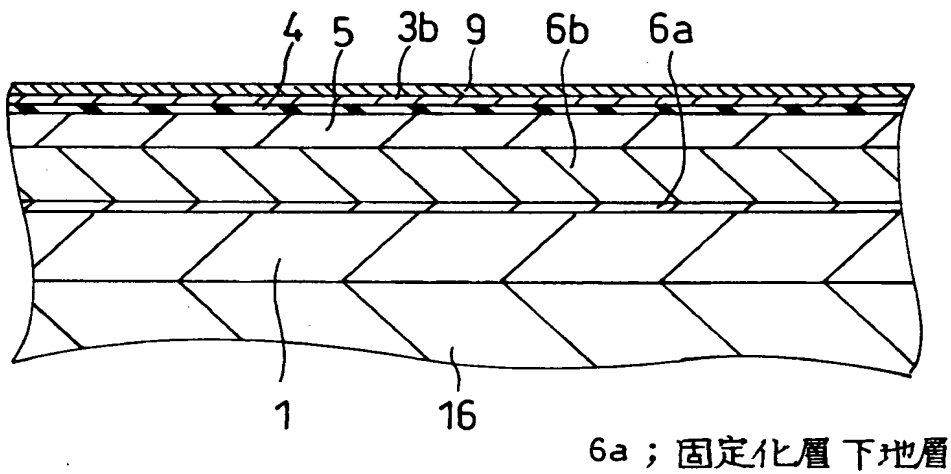
【図 39】



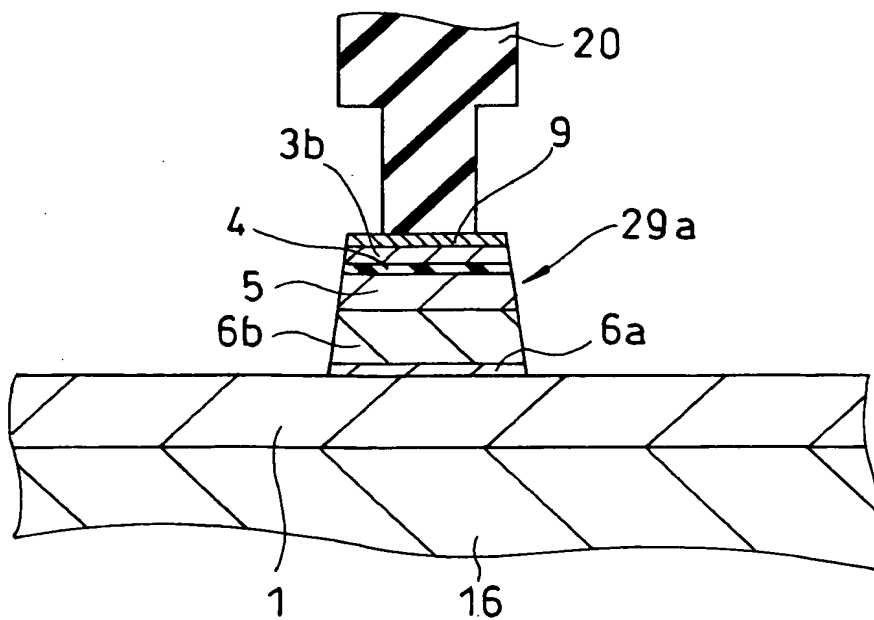
【図 4 0】



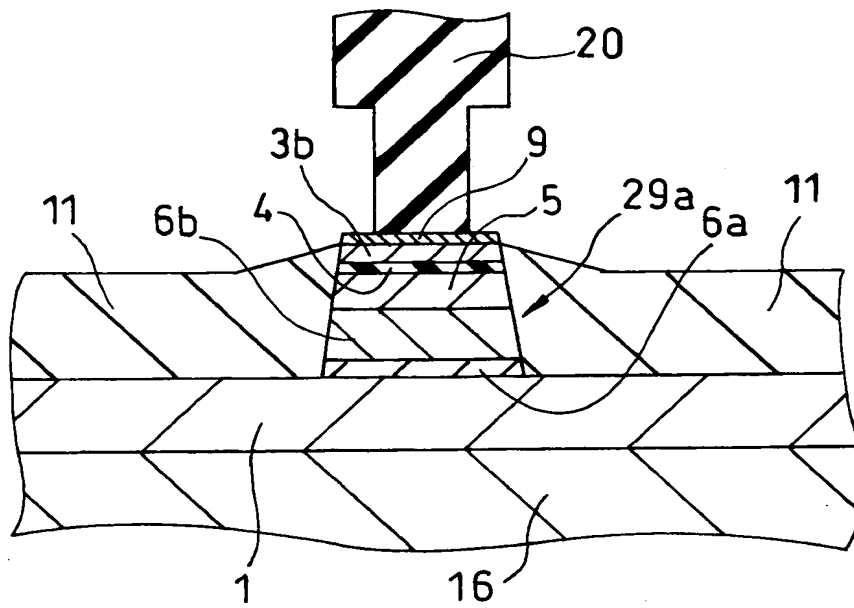
【図 4 1】



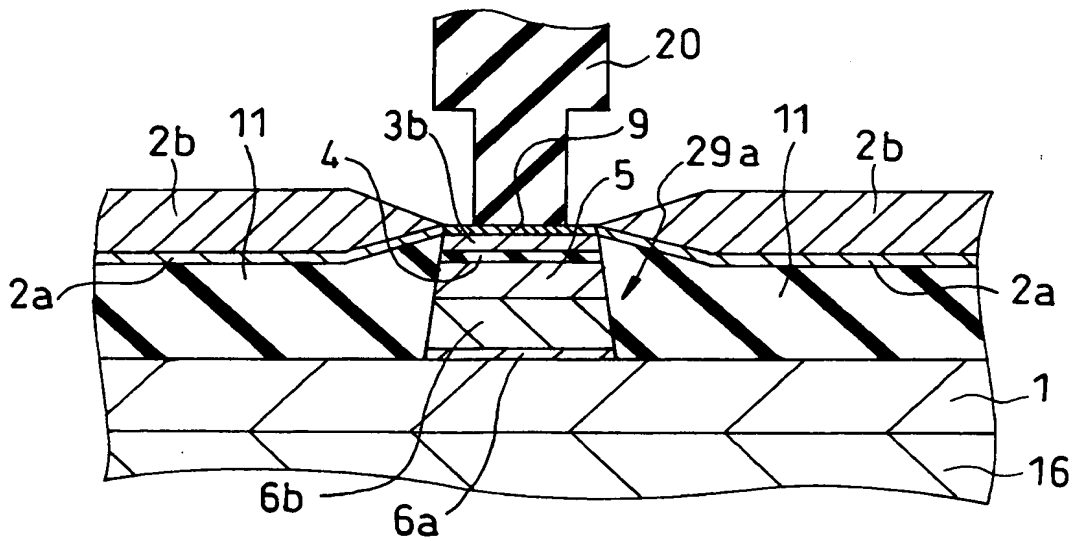
【図 4 2】



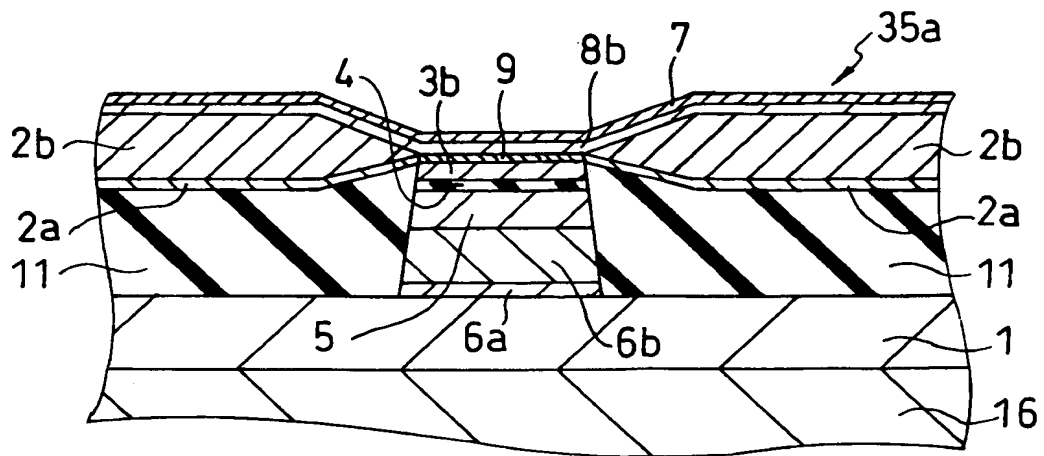
【図 4 3】



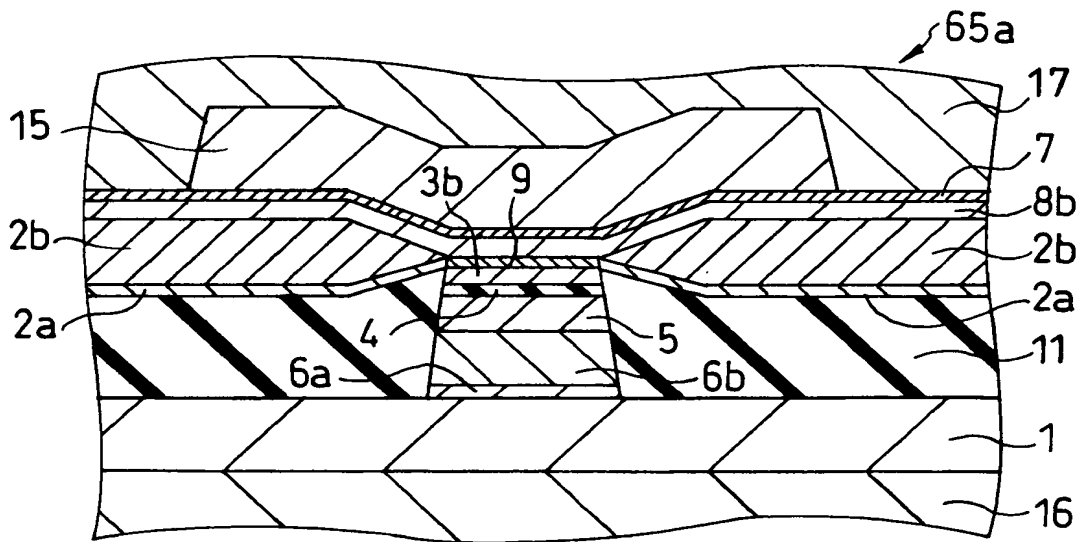
【図 4 4】



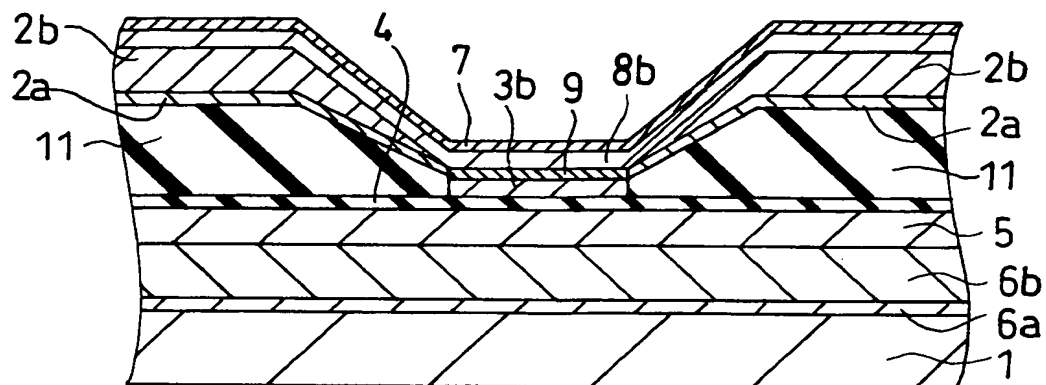
【図 4 5】



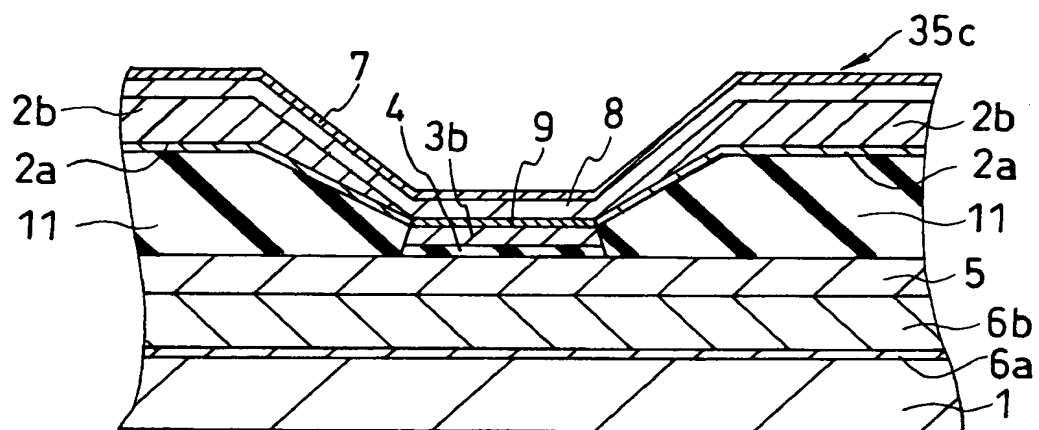
【図 4 6】



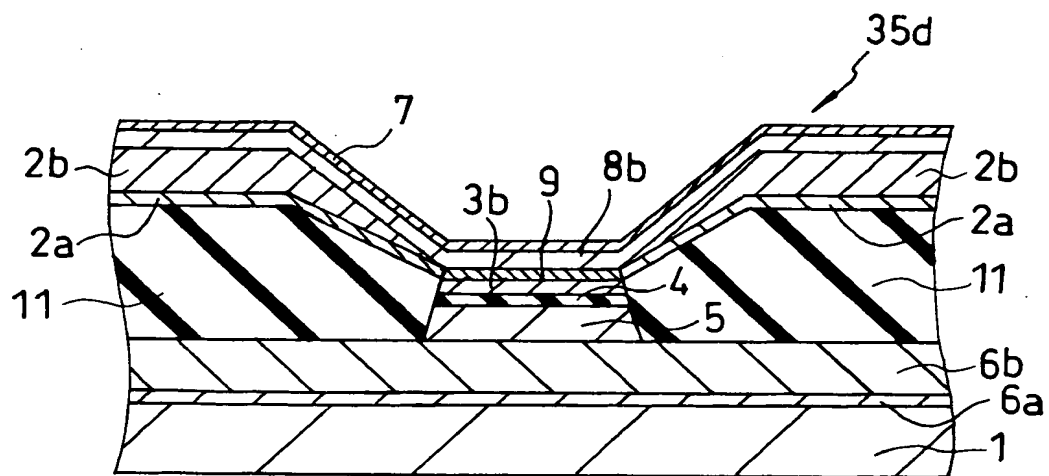
【図 4 7】



【図 4 8】

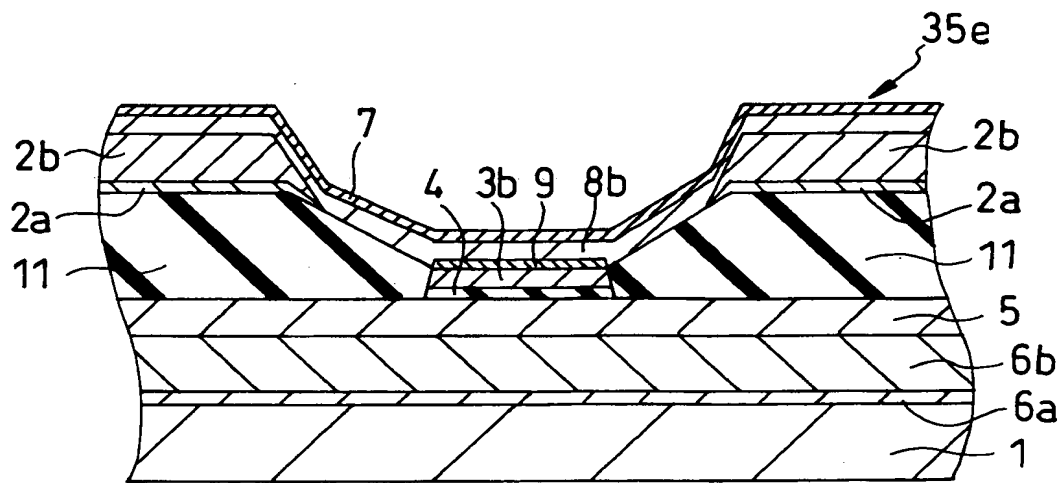


【図 4 9】

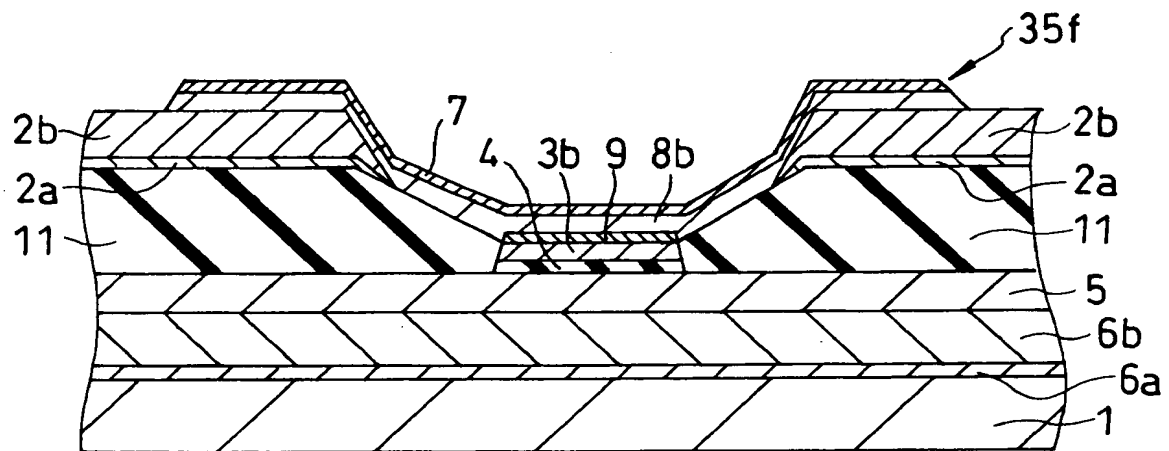




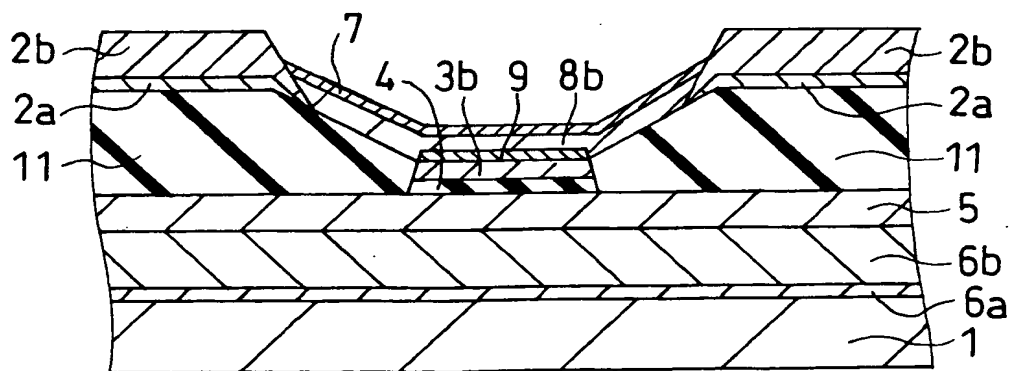
【図 5 0】



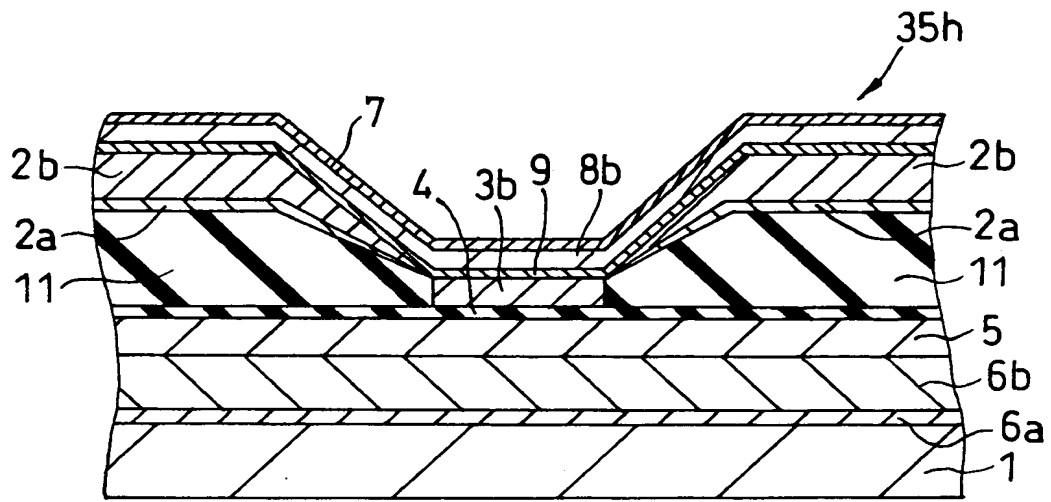
【図 5 1】



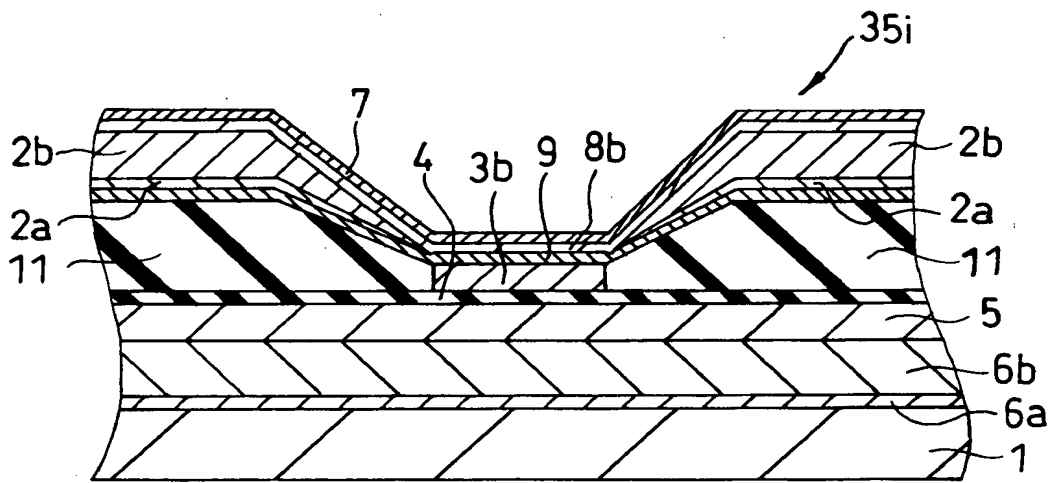
【図 5 2】



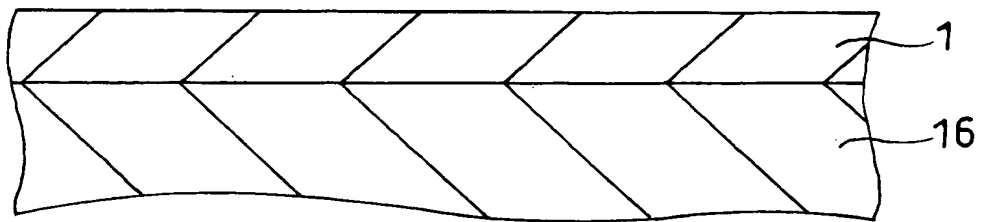
【図 5 3】



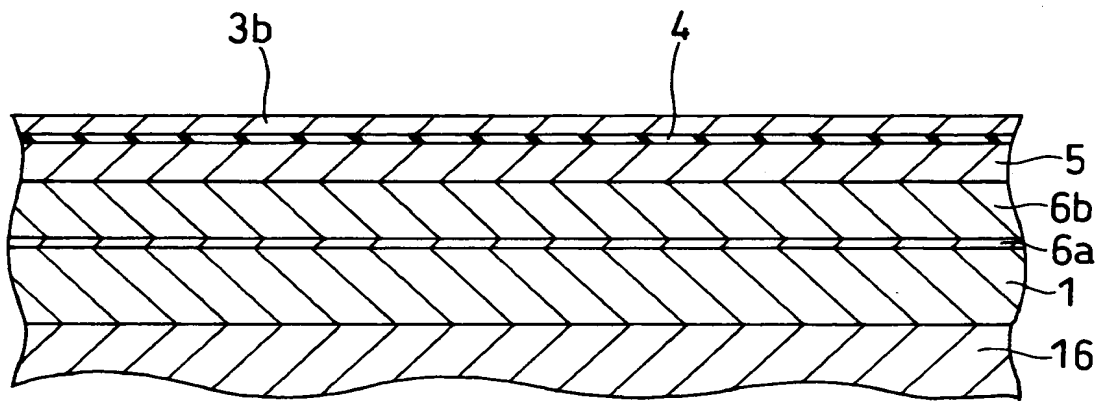
【図 5 4】



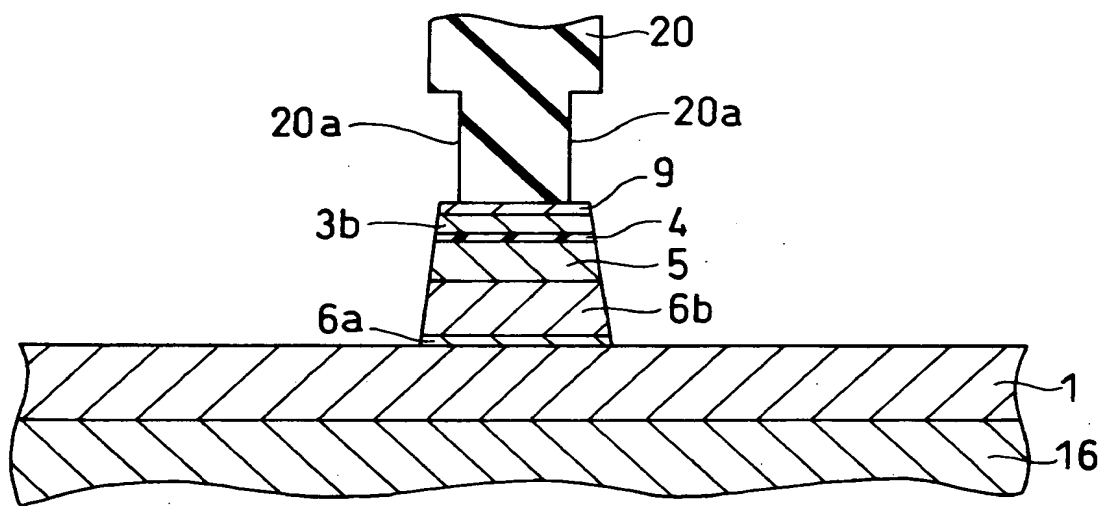
【図 5 5】



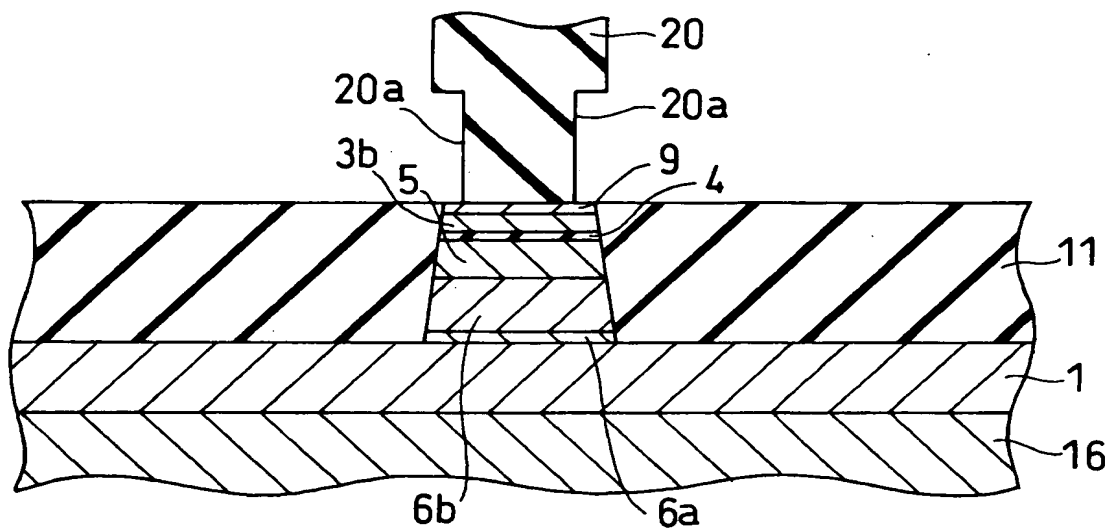
【図 56】



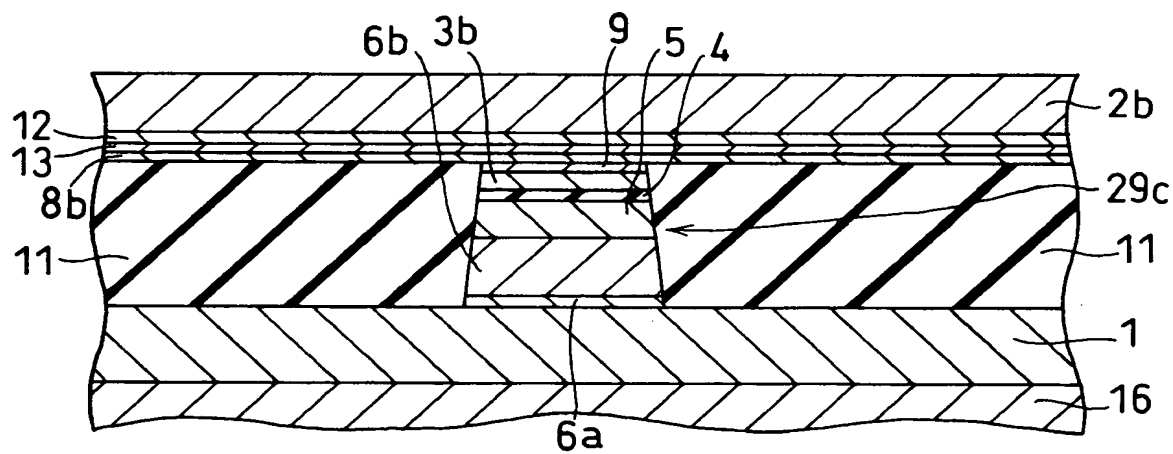
【図 57】



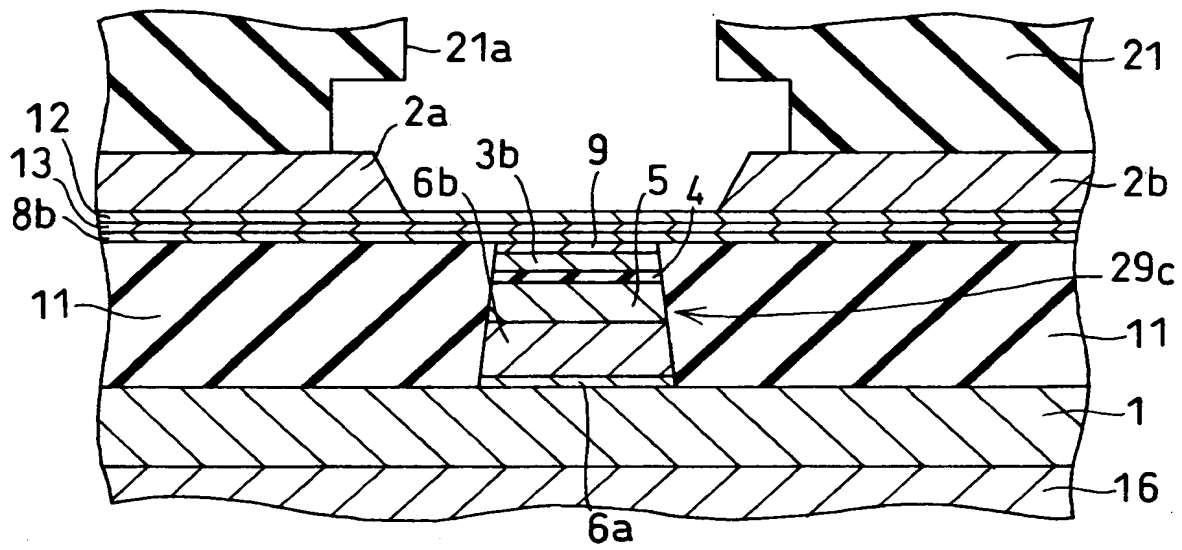
【図 5 8】



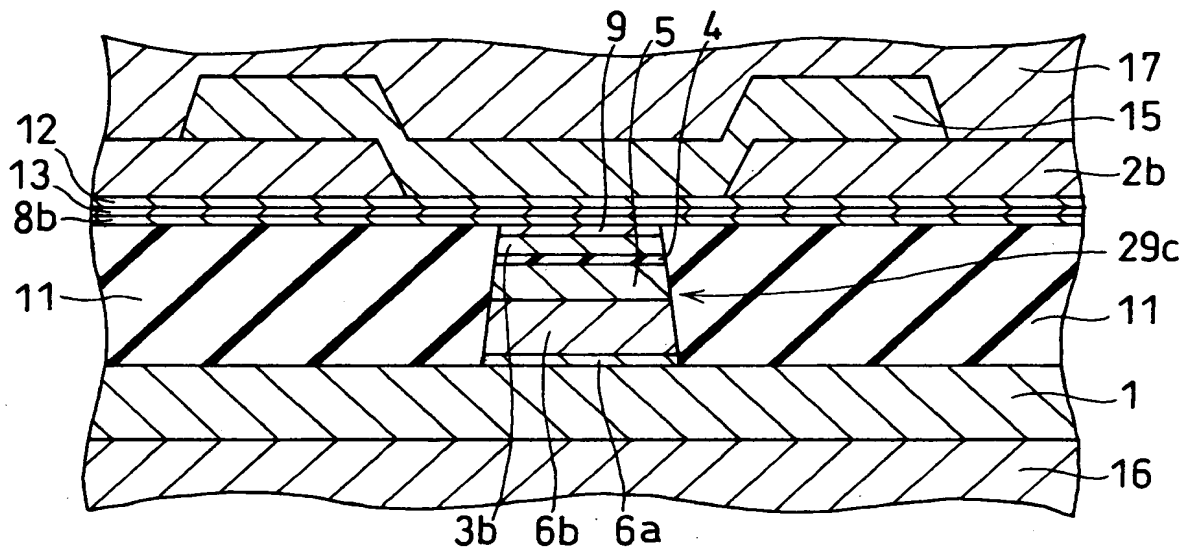
【図 5 9】



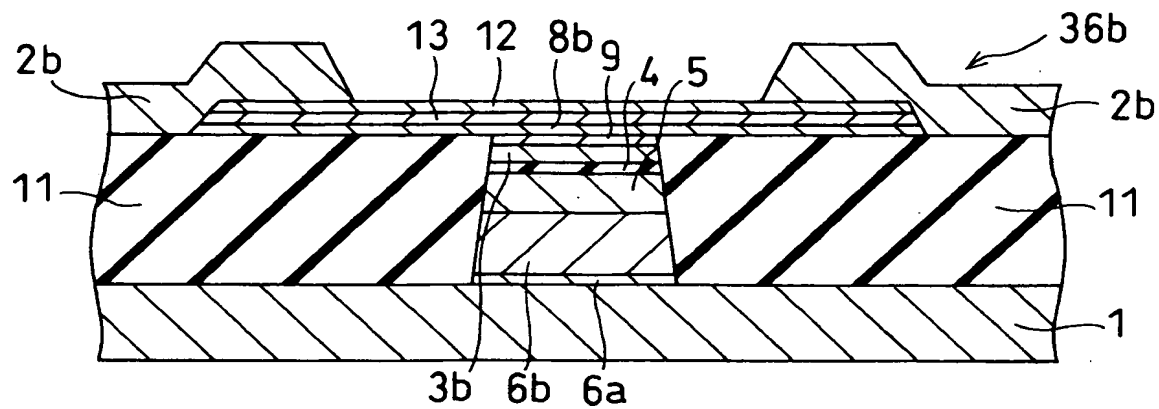
【図60】



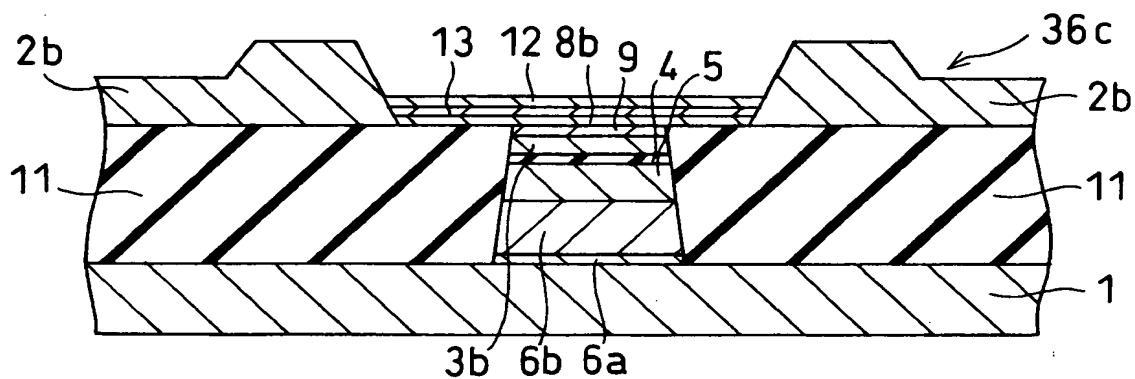
【図61】



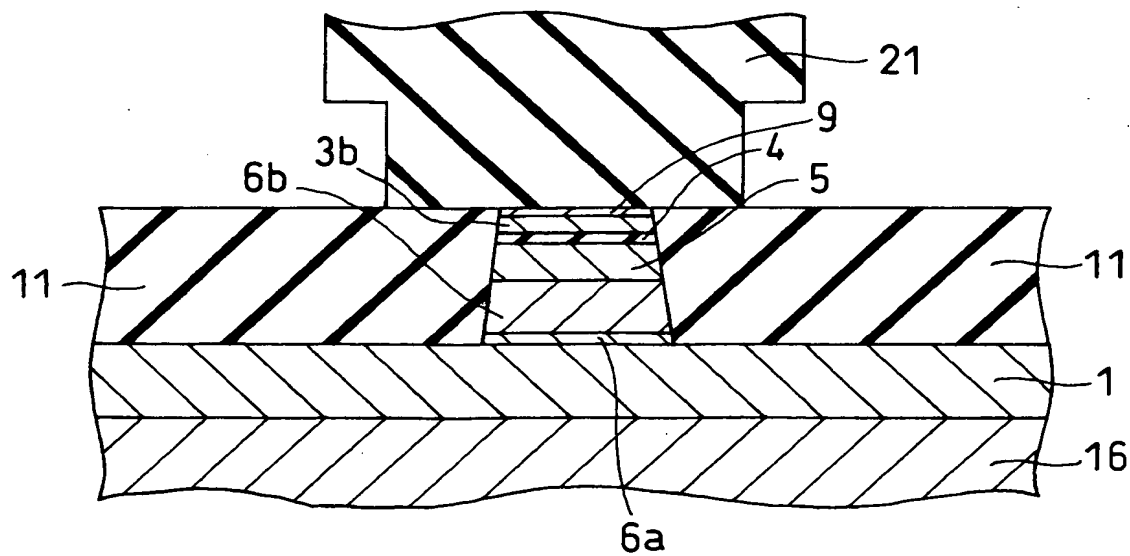
【図 6 2】



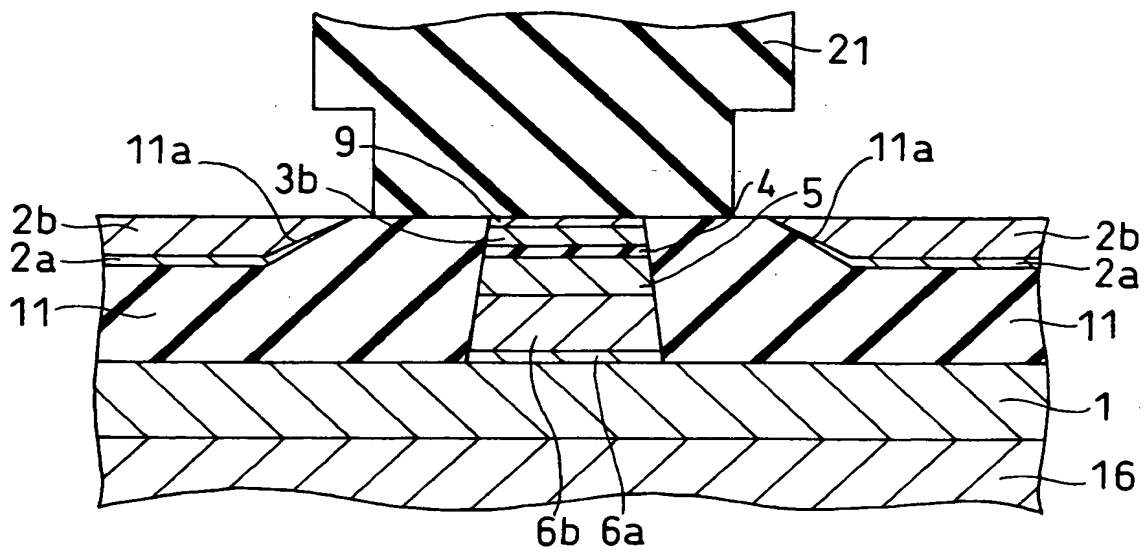
【図 6 3】



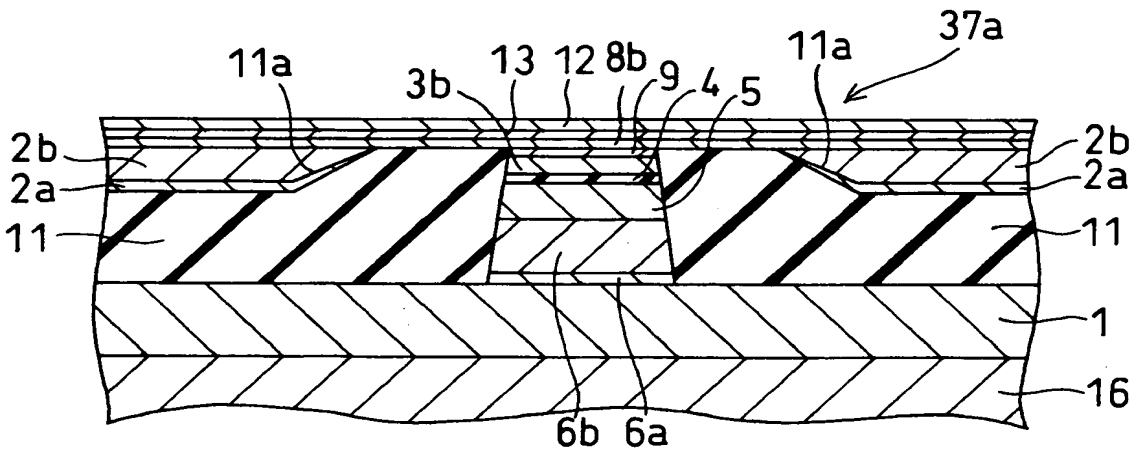
【図 6 4】



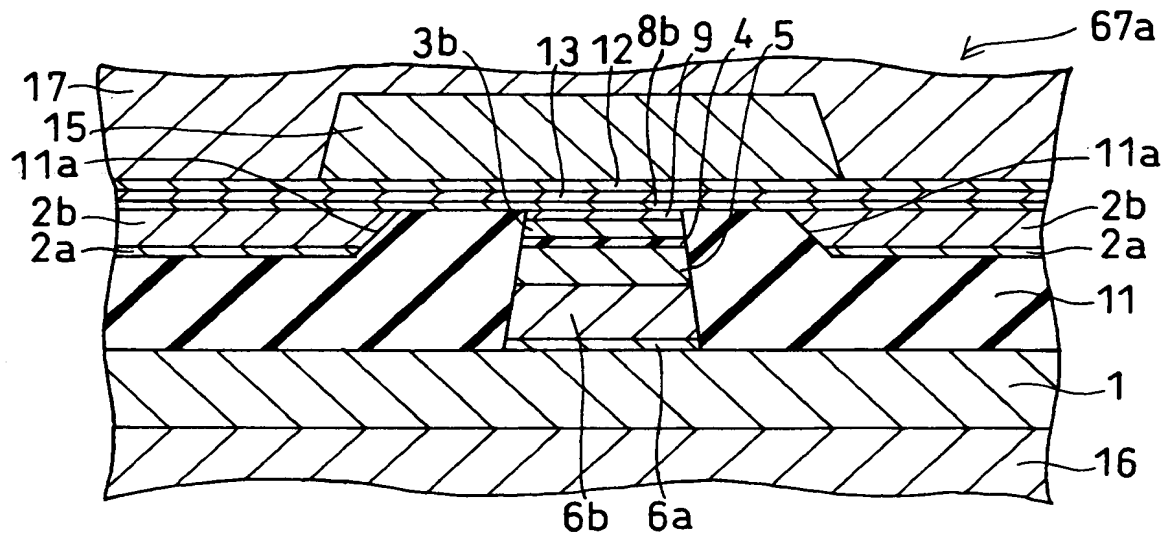
【図 6 5】



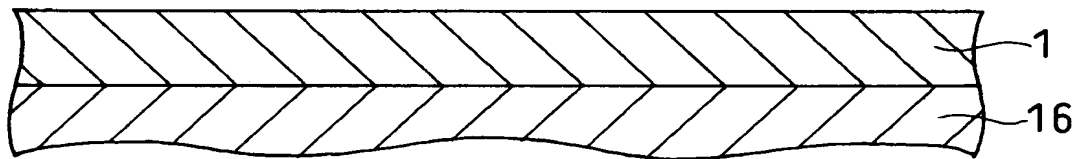
【図 6 6】



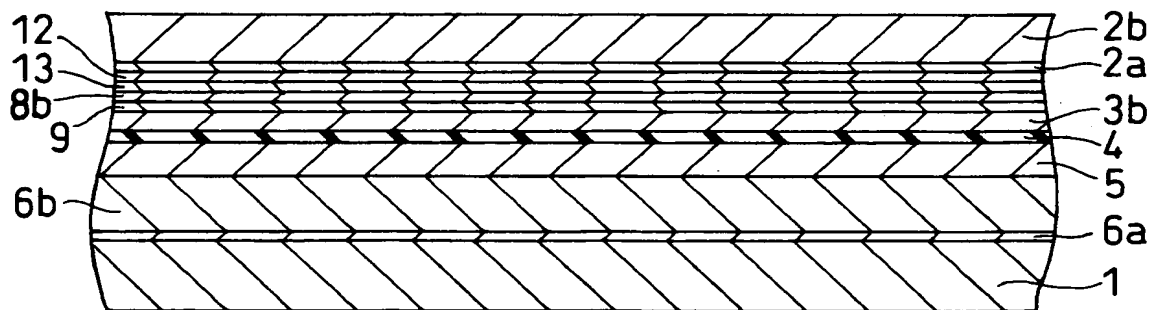
【図 6 7】



【図 6 8】

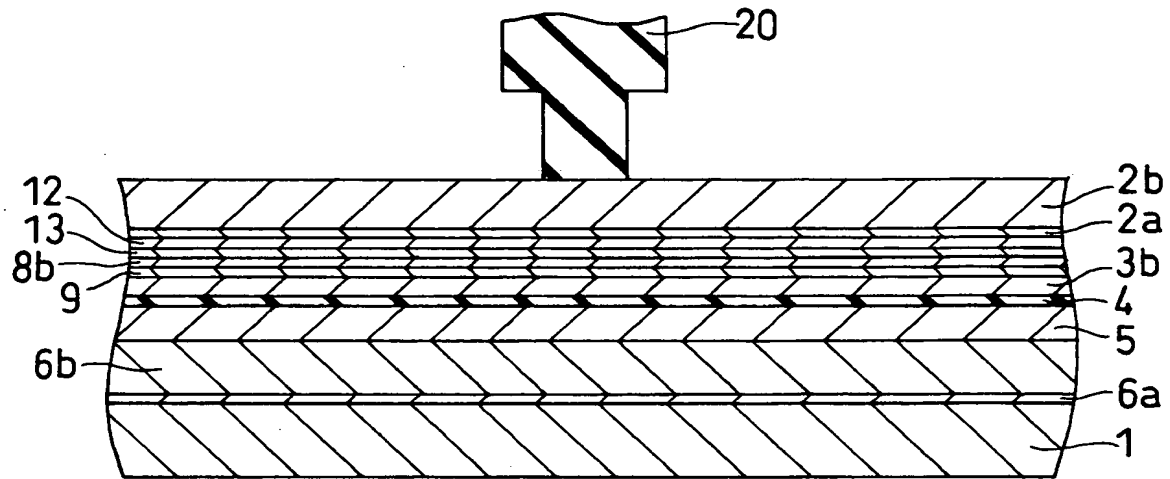


【図 6 9】

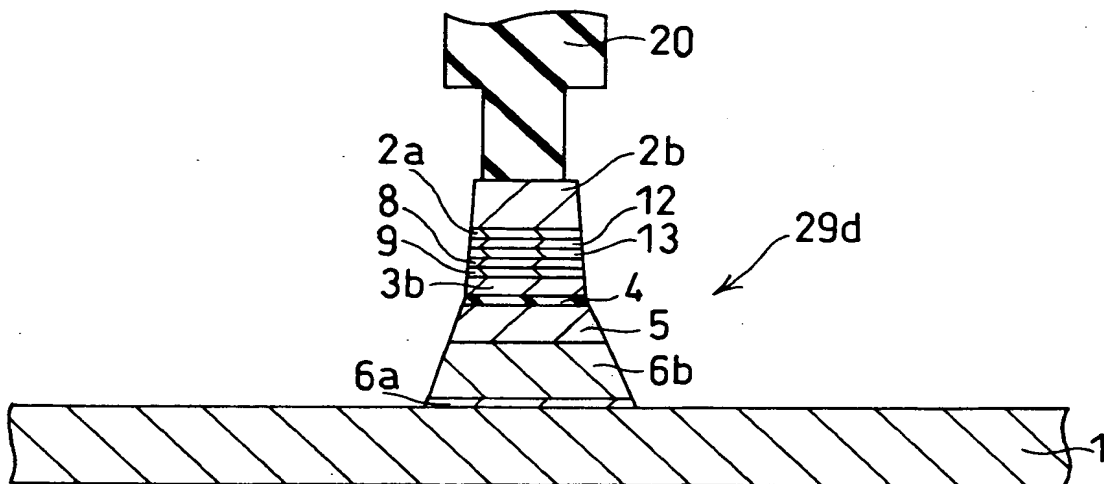




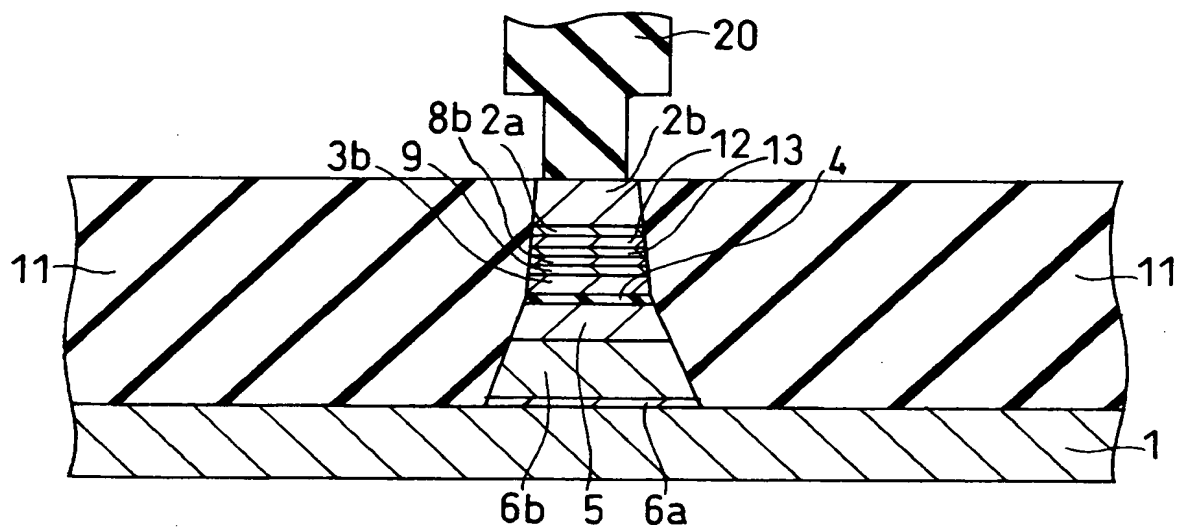
【図 7 0】



【図 7 1】

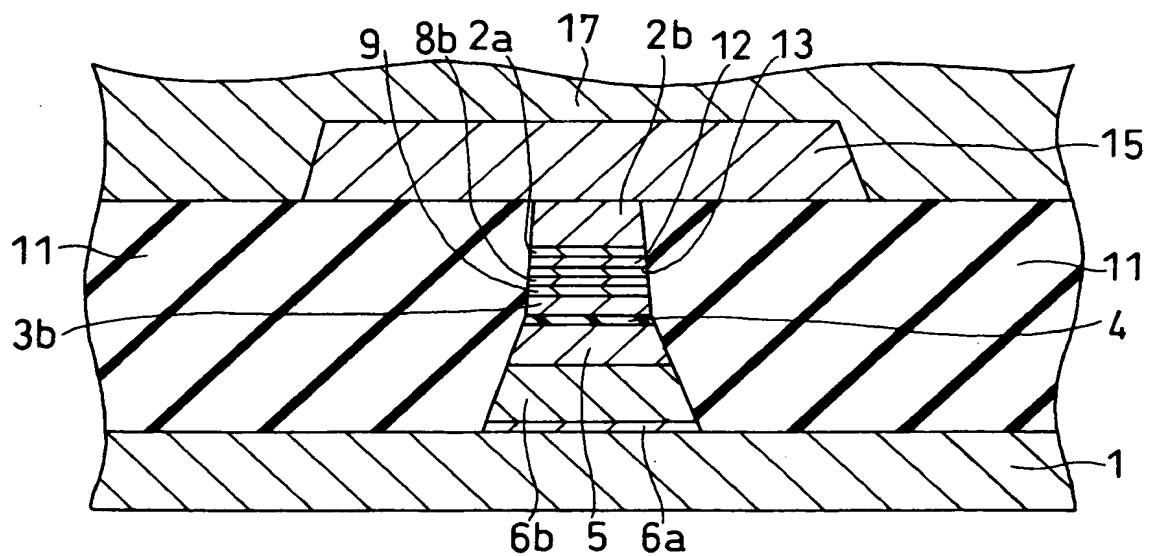


【図 7 2】

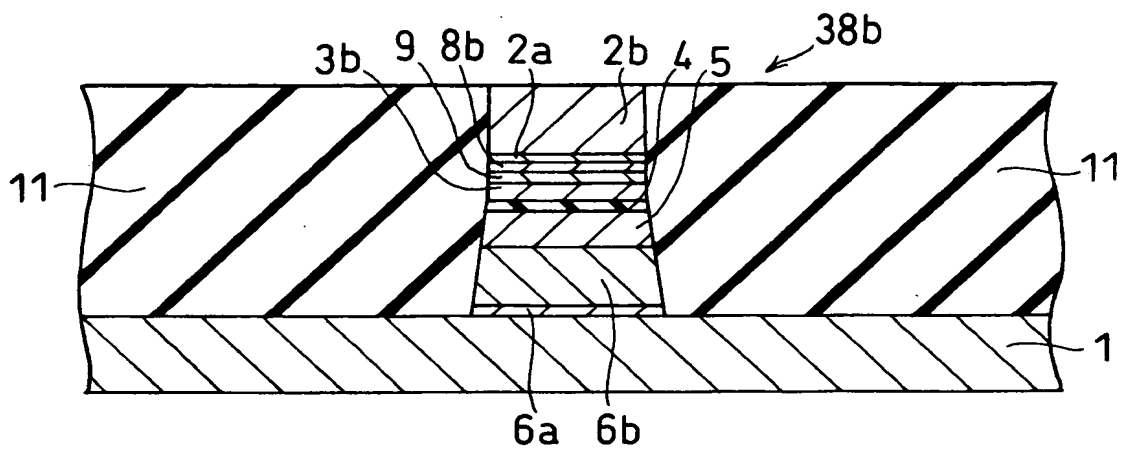


8b ; 第 1 の磁性層    9   第 2 の非磁性層    12   第 2 の磁性層  
13 ; 第 3 の非磁性層

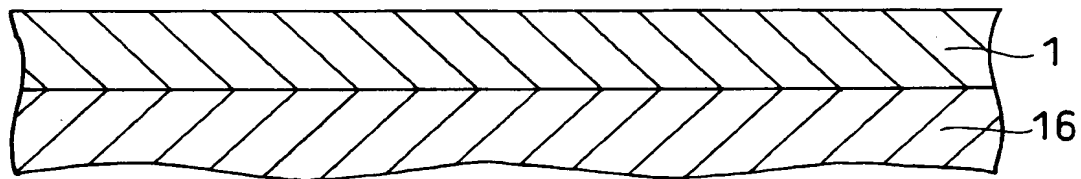
【図 7 3】



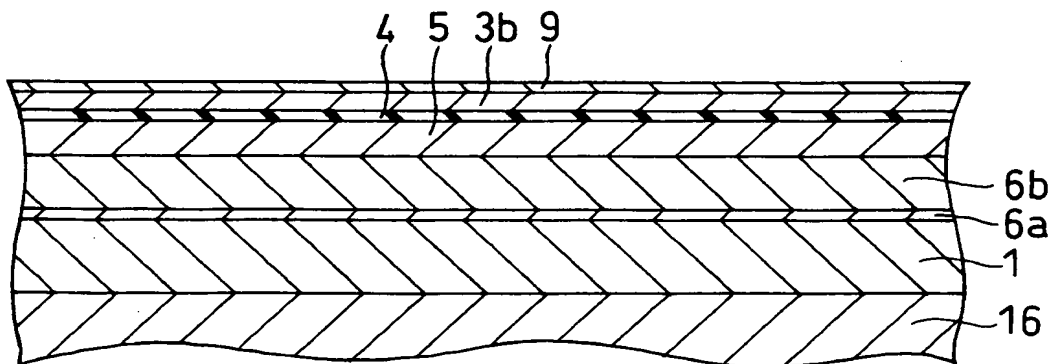
【図 7 4】



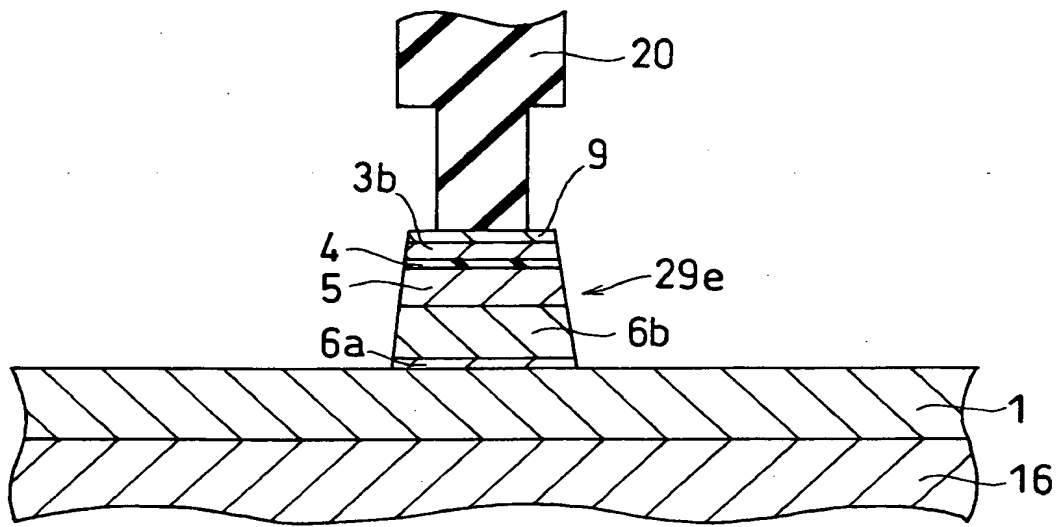
【図 7 5】



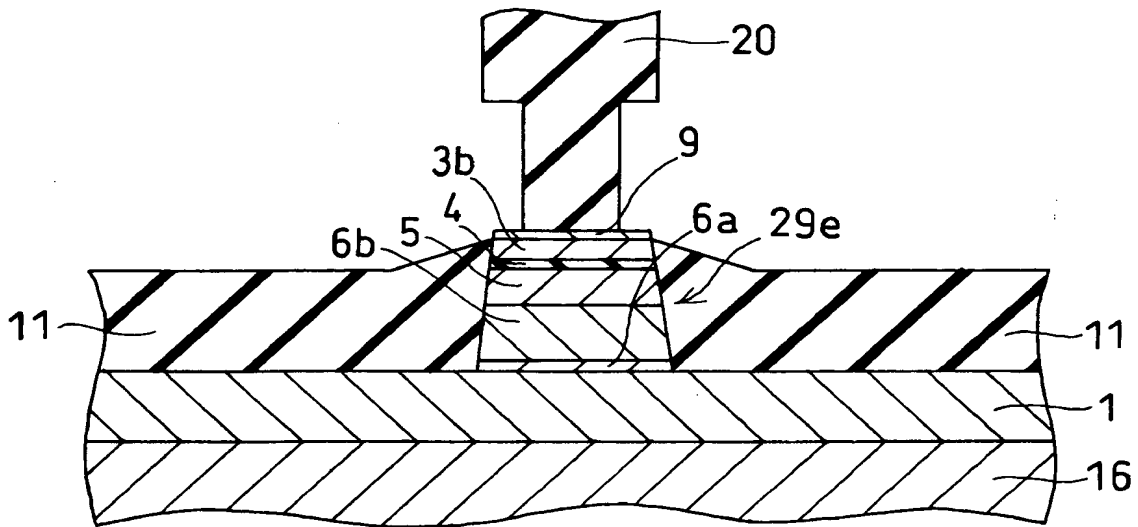
【図 7 6】



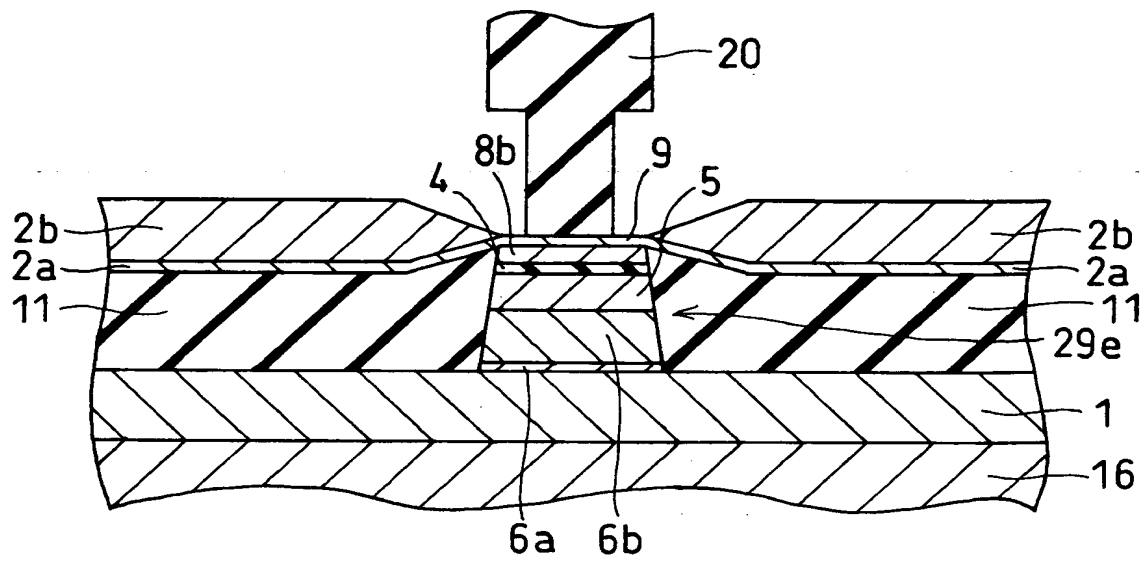
【図 77】



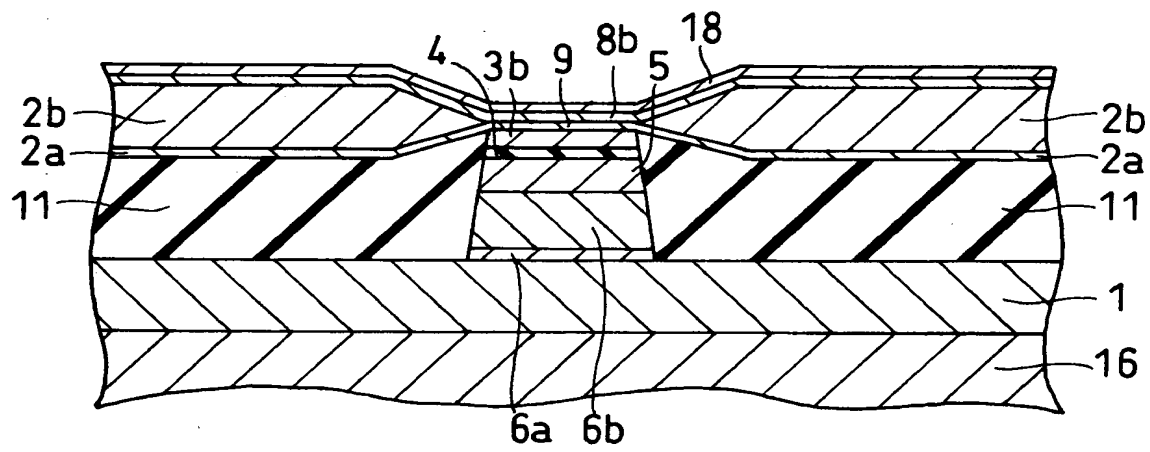
【図 78】



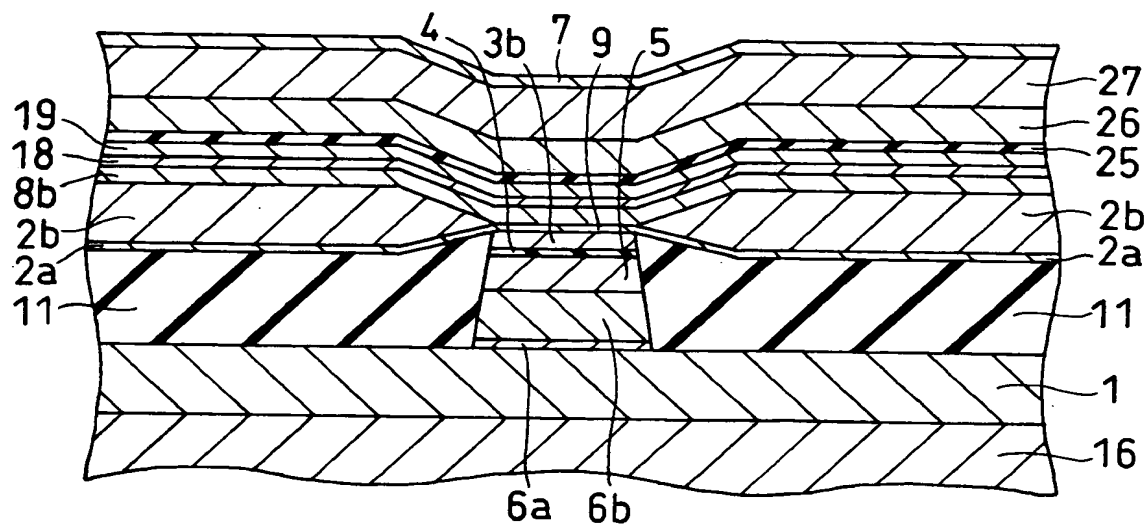
【図 7 9】



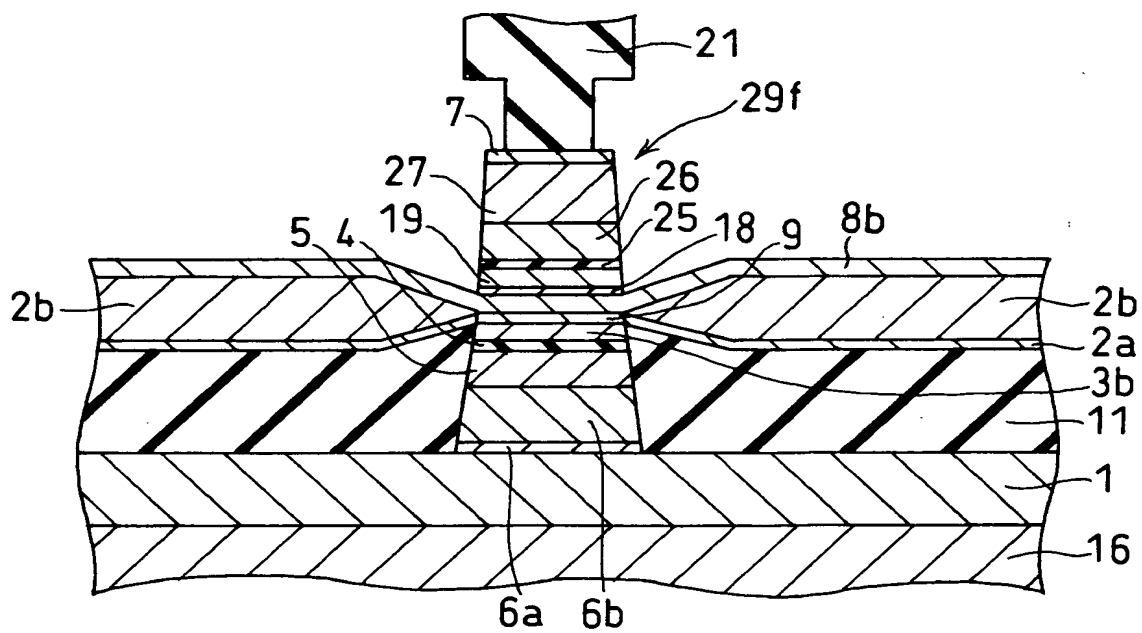
【図 8 0】



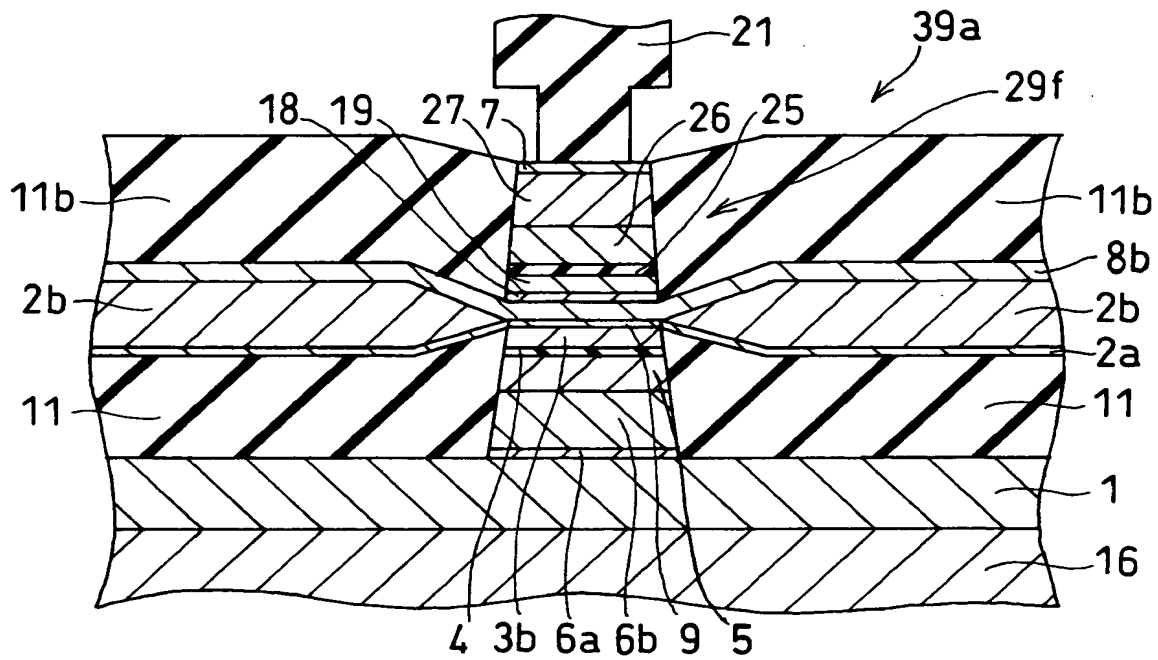
【図 8 1】



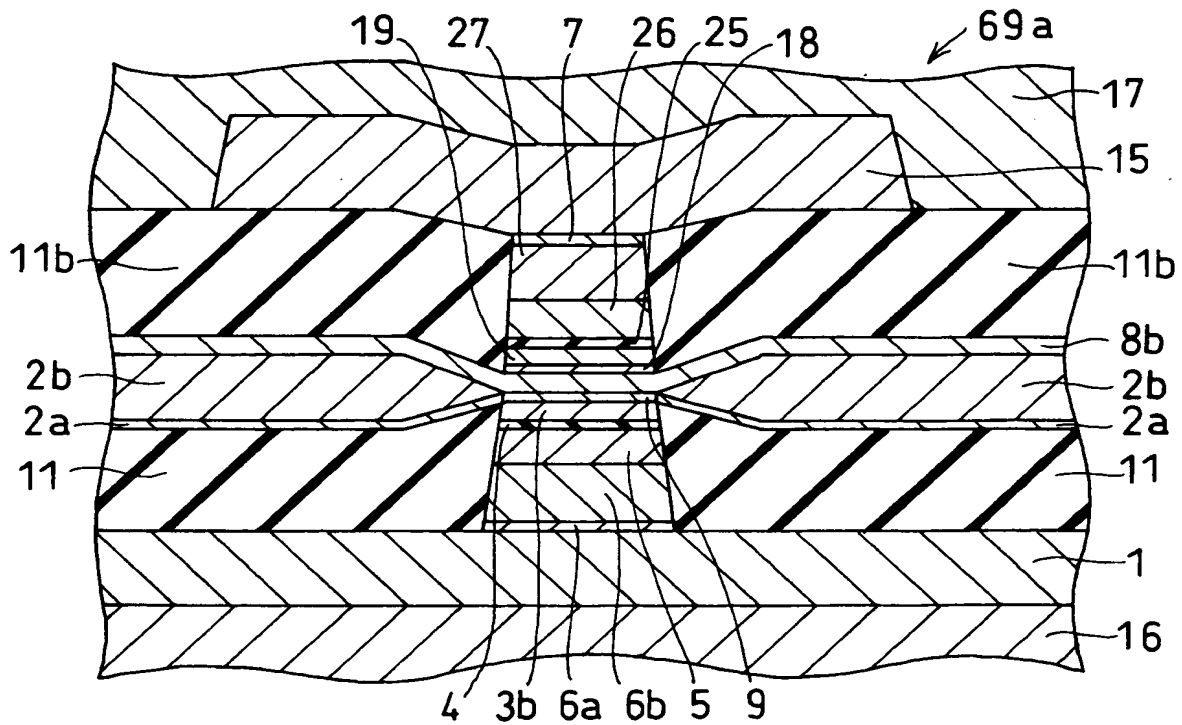
【图 8 2】



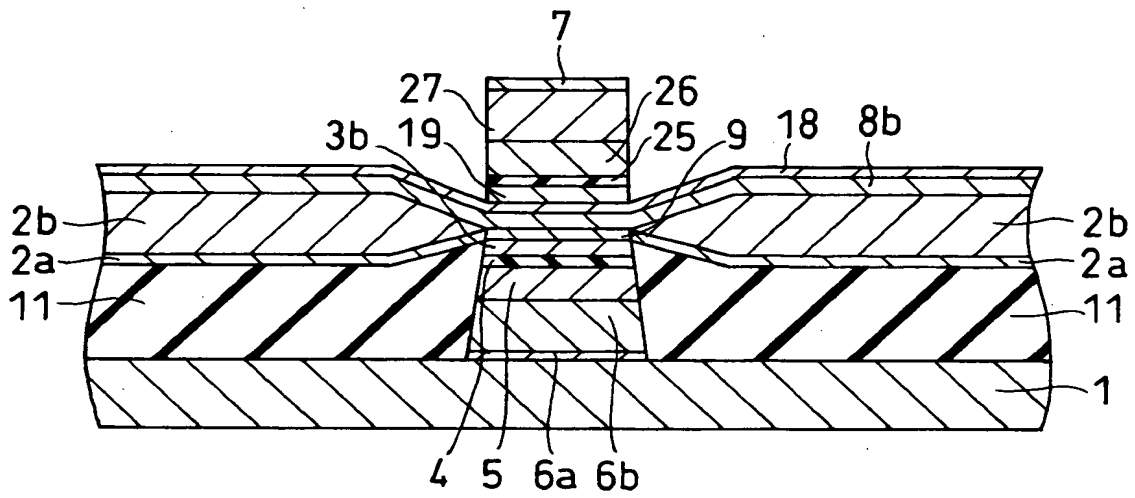
【図 8 3】



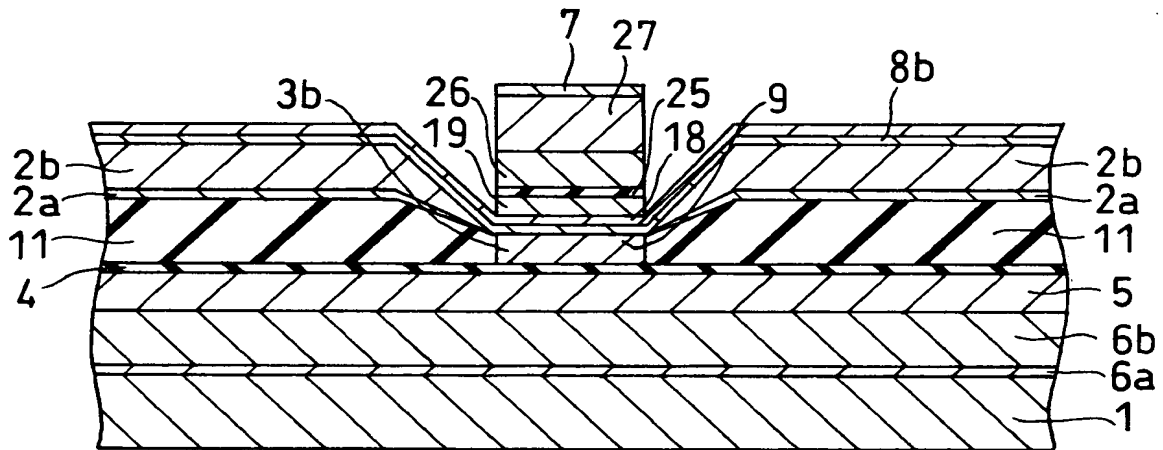
【図 8 4】



【図 85】

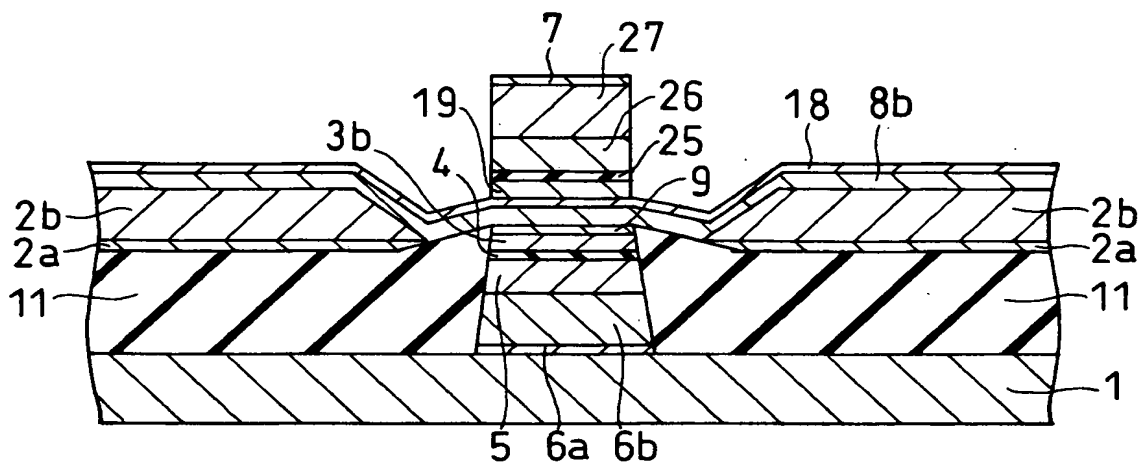


【図 86】

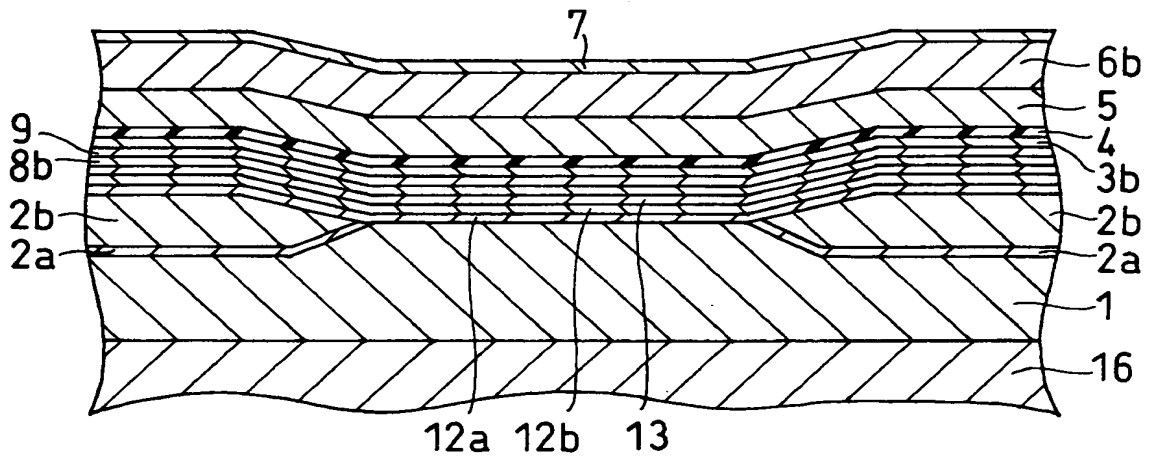




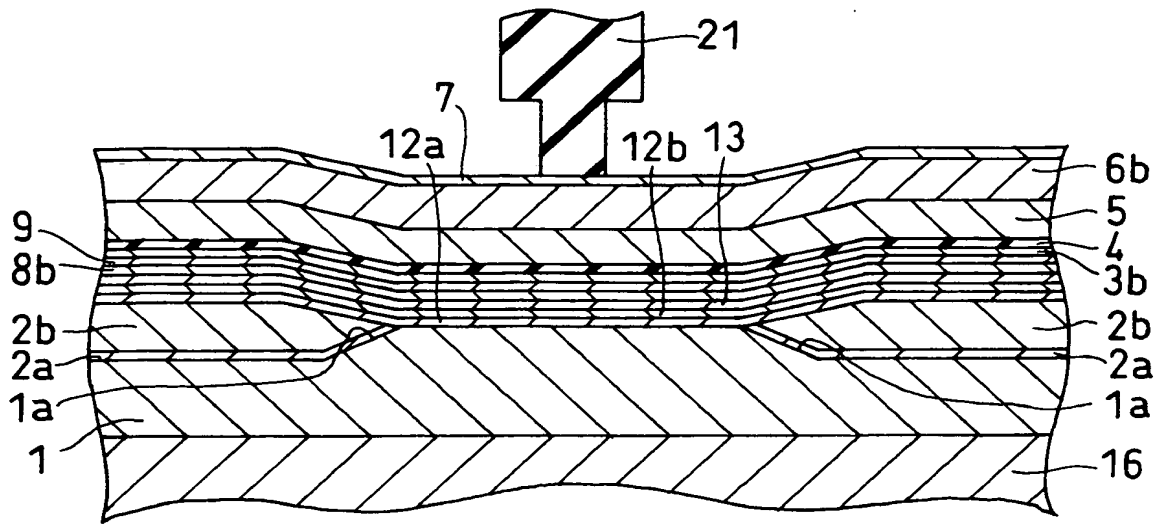
【図 87】



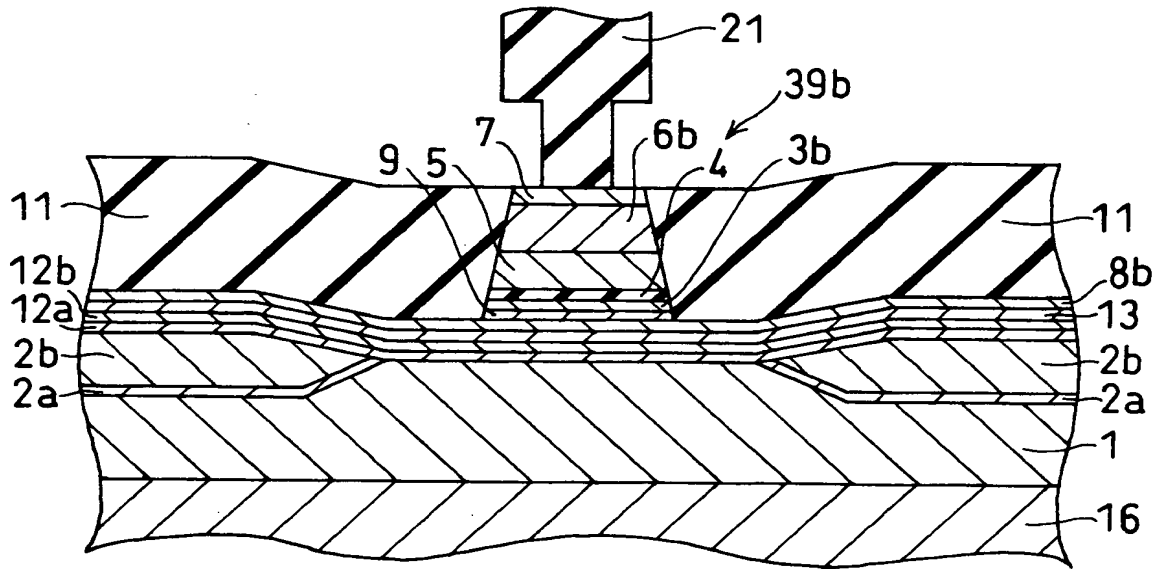
【図 88】



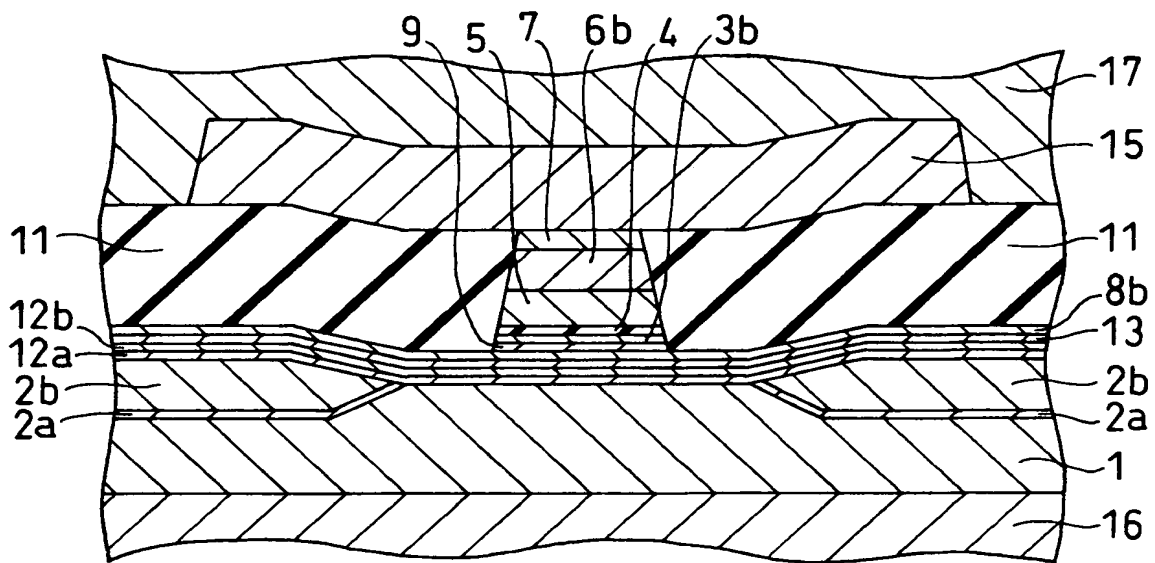
【図 89】



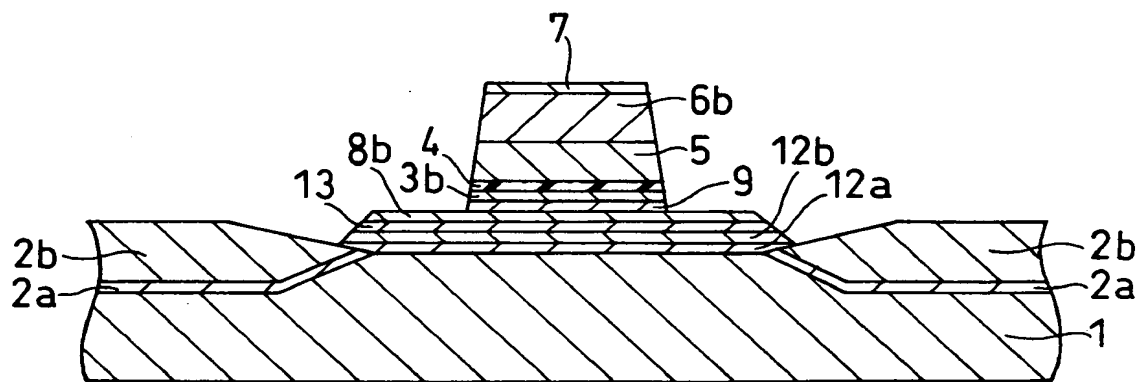
【図 90】



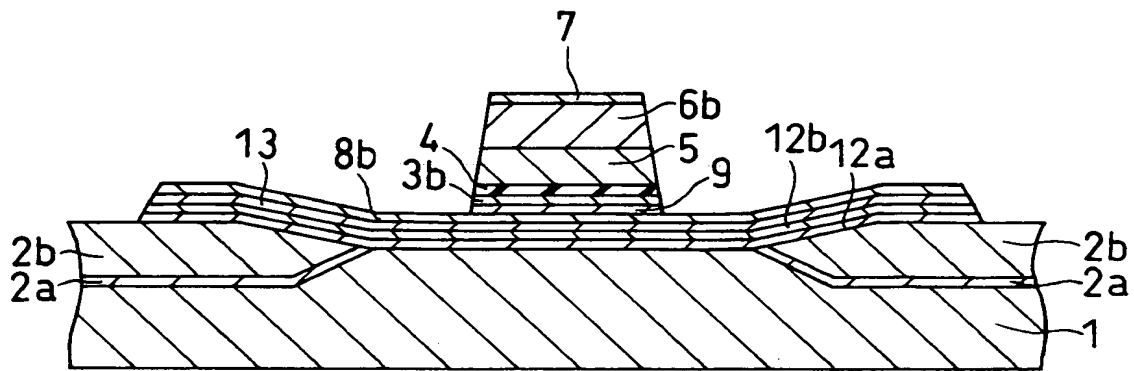
【図 9 1】



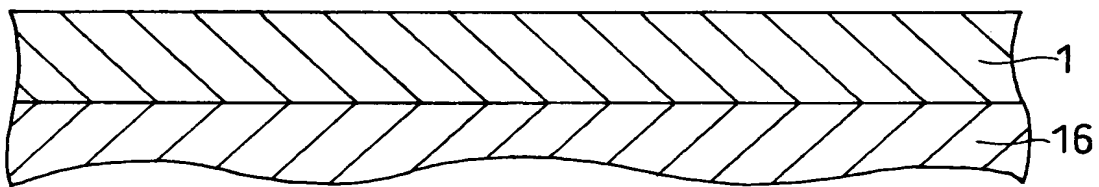
【図 9 2】



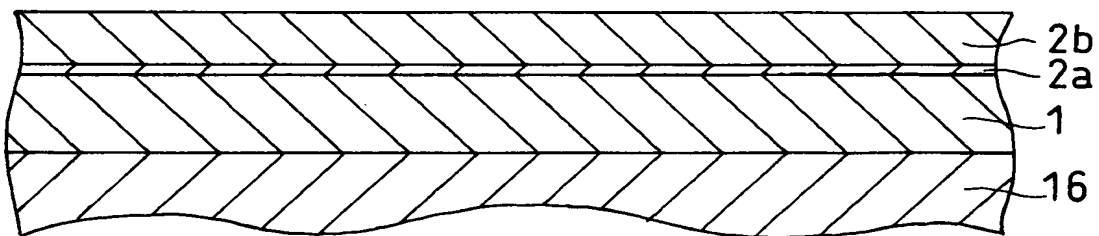
【図93】



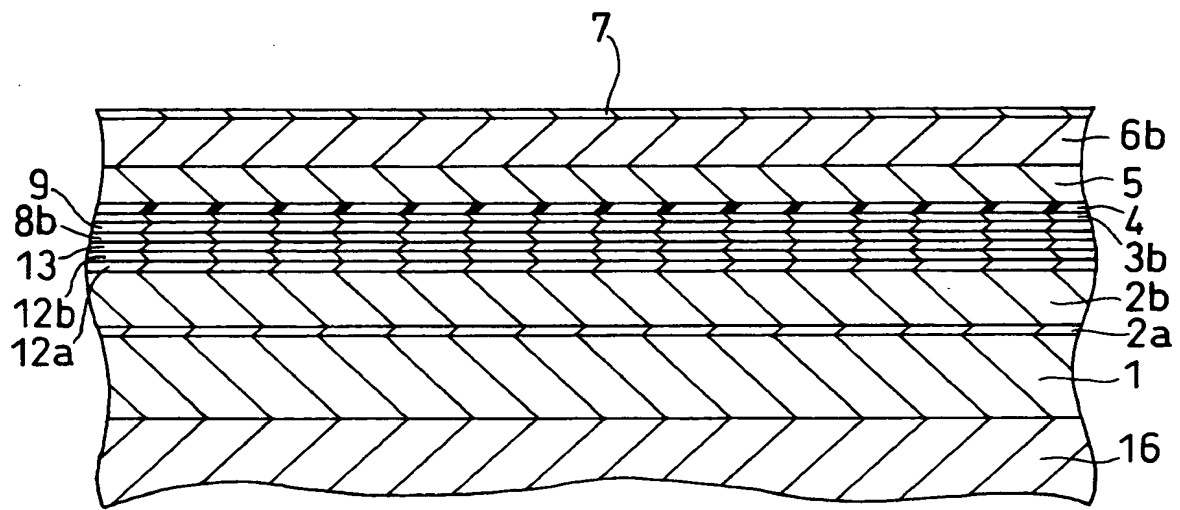
【図94】



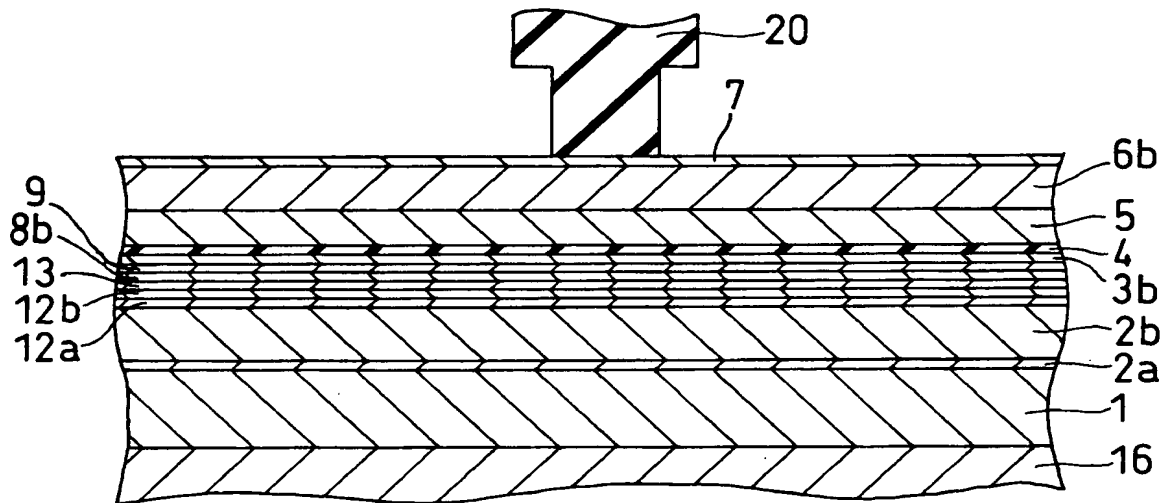
【図95】



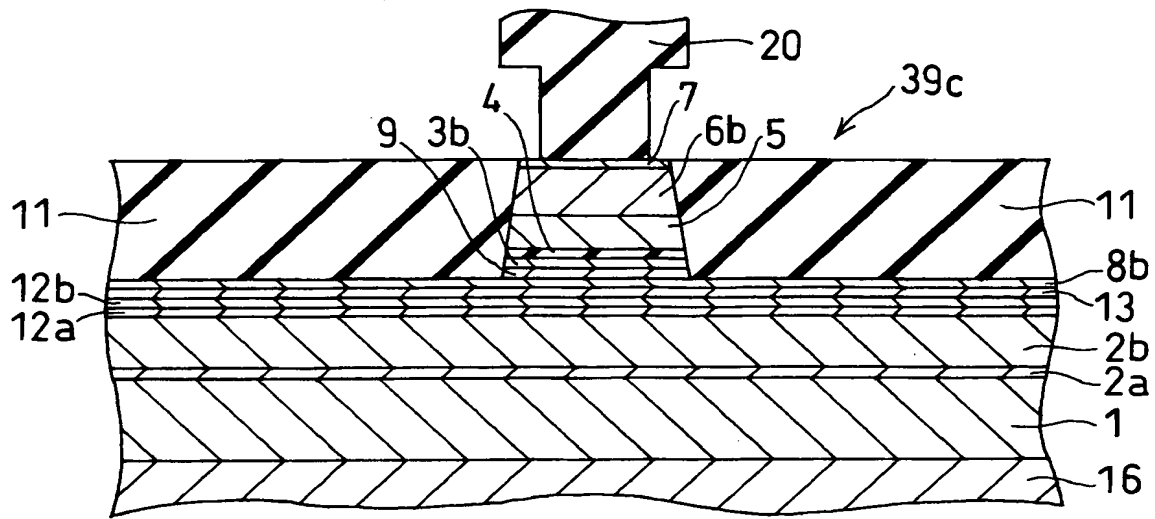
【図 9 6】



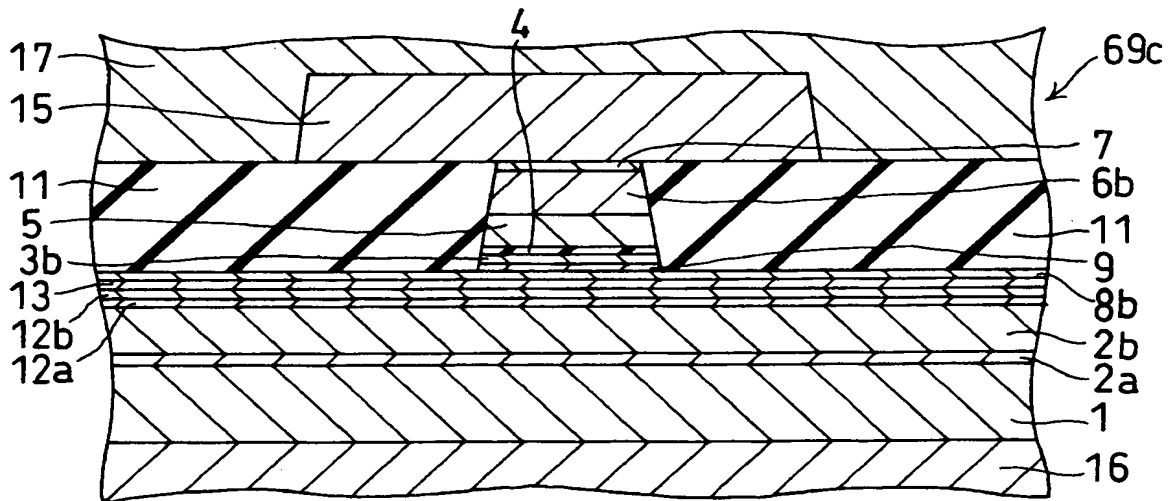
【図 9 7】



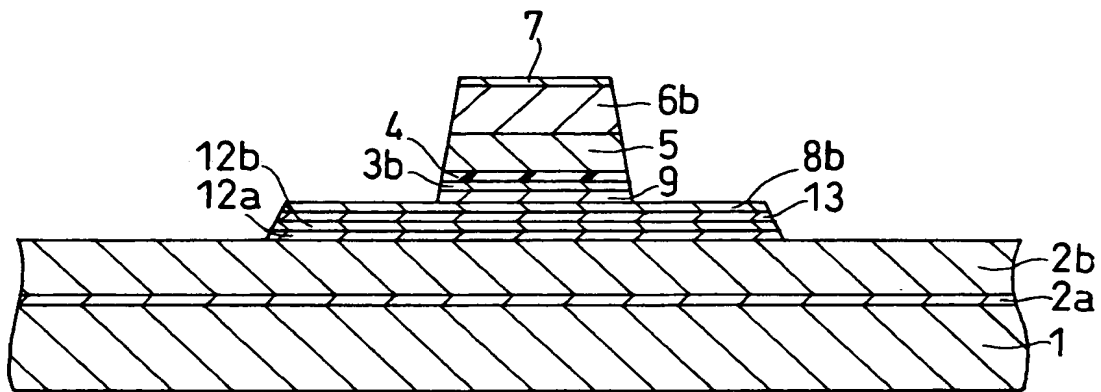
【図 9 8】



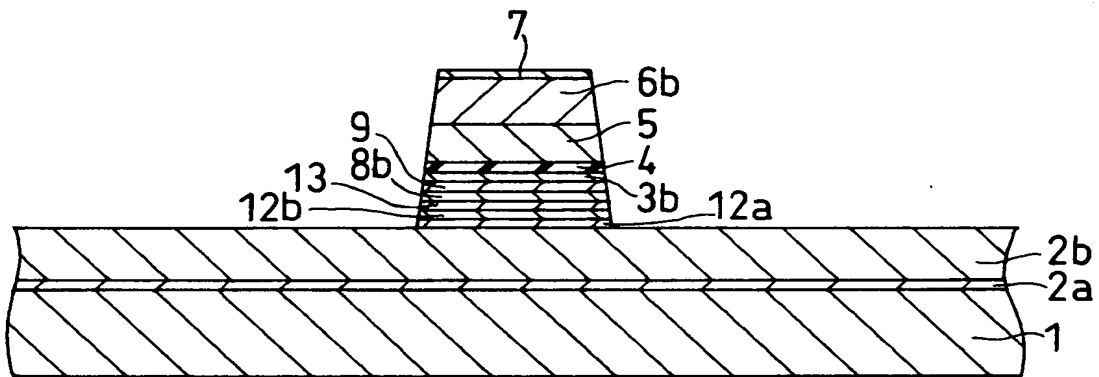
【図 9 9】



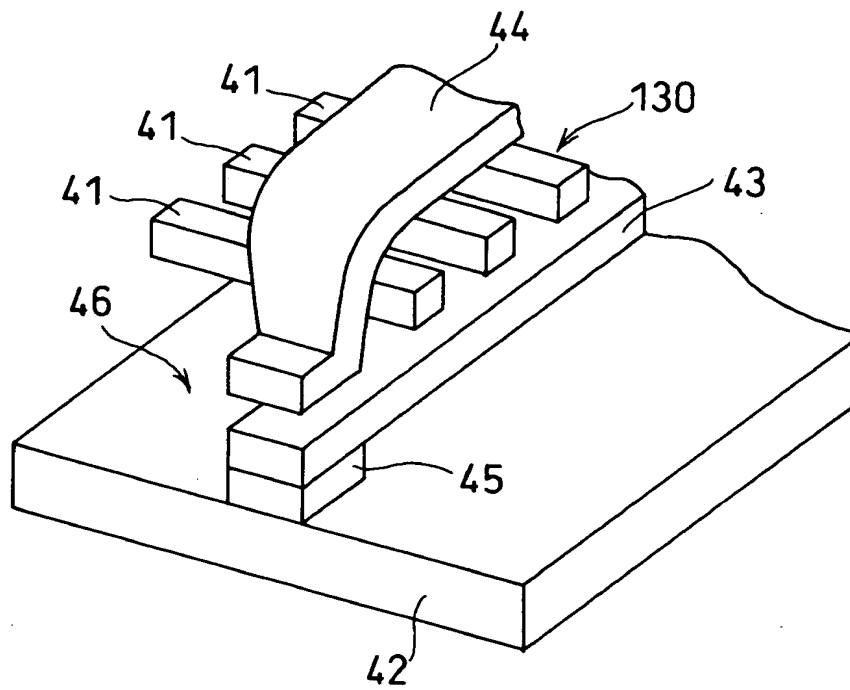
【図 1 0 0】



【図 1 0 1】



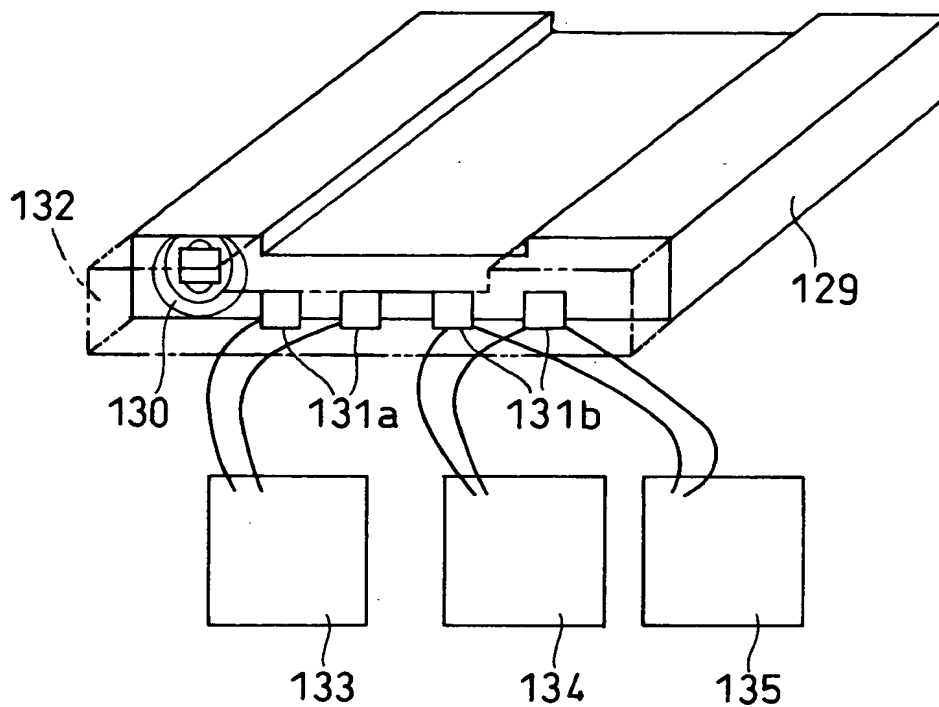
【図 1 0 2】



- 41 ; コイル      42 ; 基体      43 ; 磁極  
 44 ; 上磁極      45 ; 再生ヘッド      46 ; 記録ヘッド  
 130 ; 記録再生素子部 (磁気記録再生ヘッド)



【図 1 0 3】



129 ; 基板

130 ; 記録再生素子部 (磁気記録再生ヘッド)

131a ; 記録素子部 (記録ヘッド) に接続された電極端子

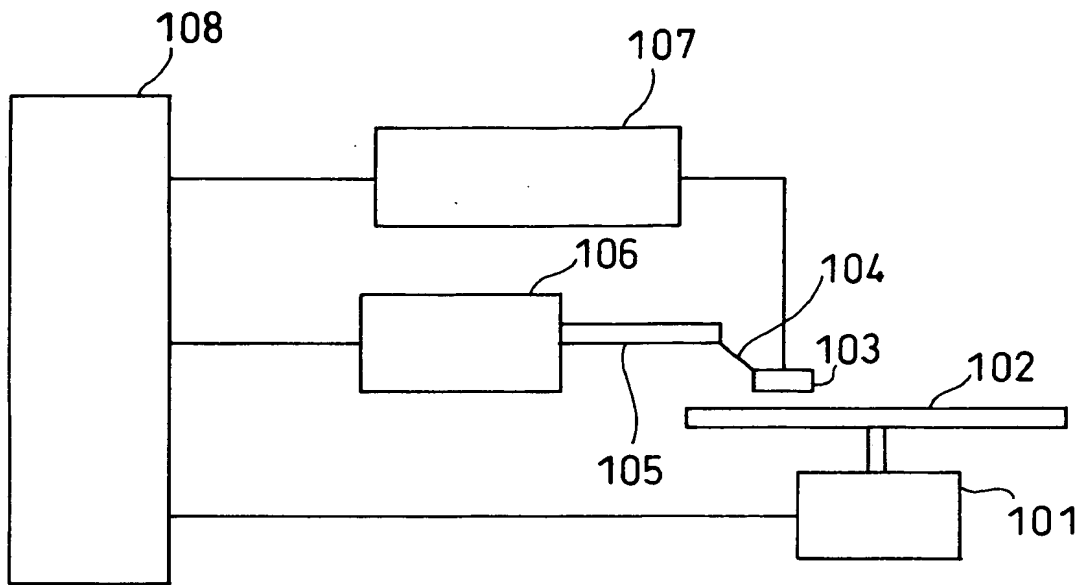
131b ; 再生素子部 (再生ヘッド) に接続された電極端子

132 ; 保護膜      133 ; 電流駆動回路

134 ; 再生素子部にセンス電流を流す電流発生回路

135 ; データ読み取り回路

【図 1 0 4】



101 ; 第 2 のアクチュエータ

103 ; 磁気記録再生ヘッド

105 ; アーム

107 ; センス電流検出手段

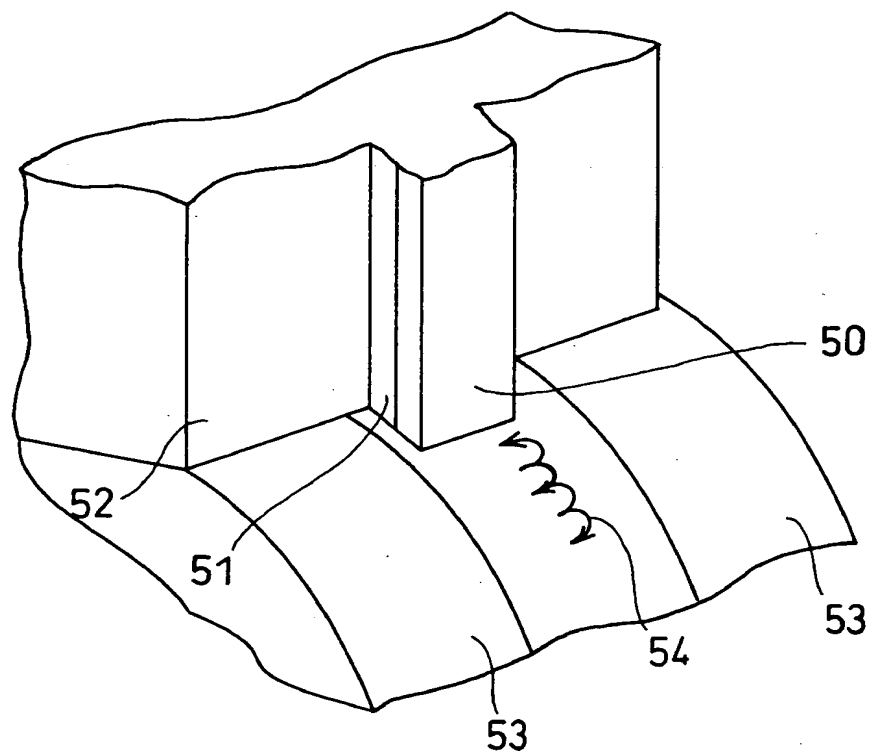
102 ; 磁気記録媒体

104 ; サスペンション

106 ; 第 1 のアクチュエータ

108 ; コントローラ

【図105】



50 ; 記録ヘッド

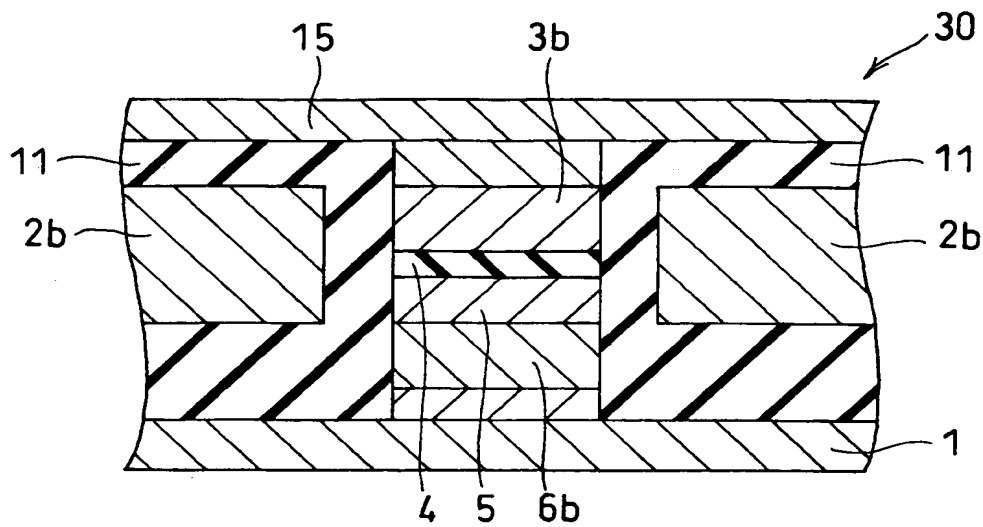
51 ; 再生ヘッド

52 ; ヘッドスライダを兼ねる基板

53 ; 記録媒体

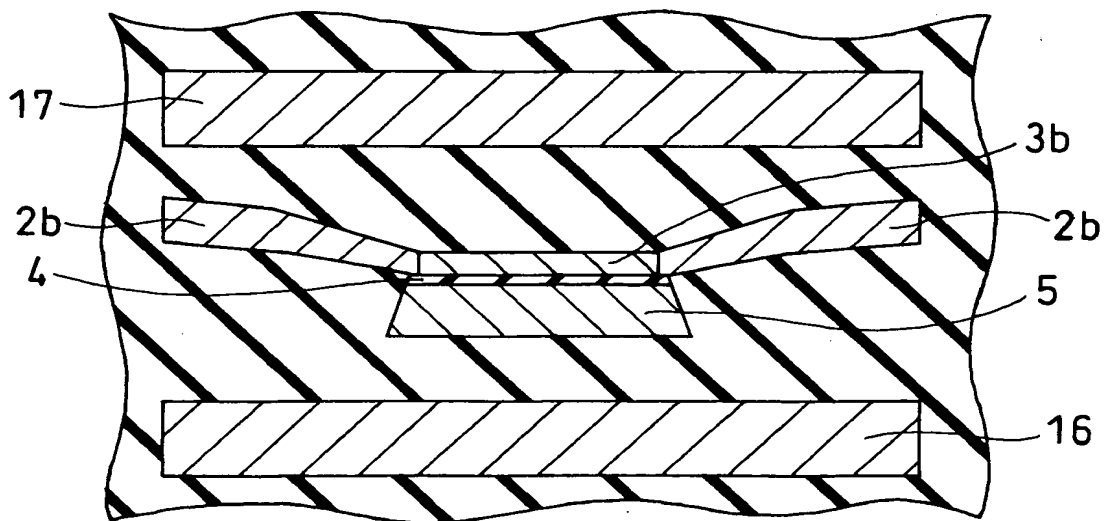
54 ; 媒体からの漏れ磁界

【図 1 0 6】



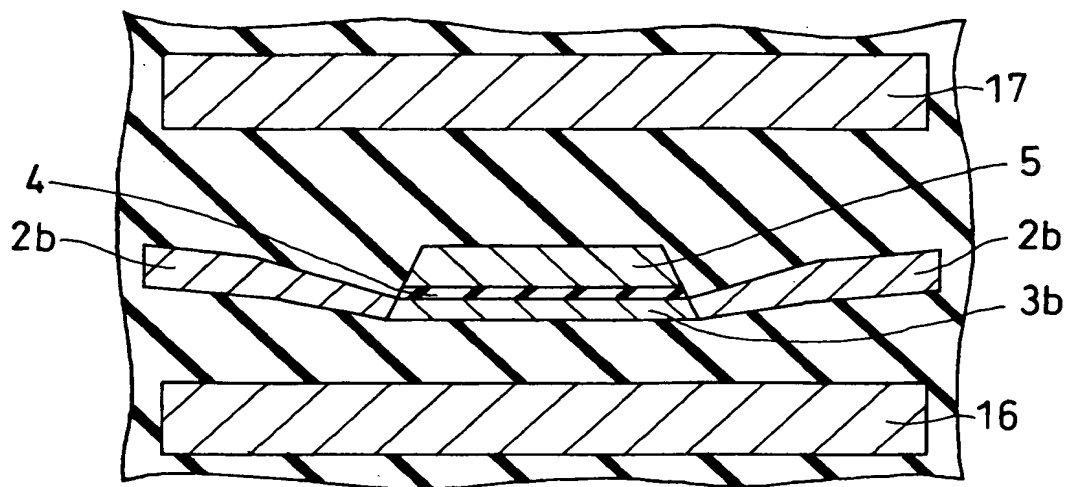
1; 下部導電層 2b; 縦バイアス層 3b; フリー層 4; 非磁性層  
5; 固定層 11; 絶縁層 15; 上部導電層 6b; 固定化層  
30; 磁気抵抗効果素子

【図 1 0 7】



2b; 縦バイアス層 3b; フリー層 4; 非磁性層 5; 固定層  
15; 下シールド層 17; 上シールド層

【図108】



2b; 縦バイアス層    3b; フリー層    4; 非磁性層    5; 固定層  
15; 下シールド層    17; 上シールド層

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 センス電流が縦バイアス層に流れることを防止し、再生波形のノイズが少なく、(S/N)比及びビットエラーレートが良好な磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果ヘッド、磁気抵抗変換システム及び磁気記録システムを提供する。

【解決手段】 縦バイアス層 2 b により印加される磁界方向において、フリー層 3 b の長さを固定層 5 の長さよりも長くし、固定層 5 と縦バイアス層 2 b との間の距離を保ったまま、フリー層 3 b が縦バイアス層 2 b の近傍に配置する。

【選択図】 図 7

特 2 0 0 0 - 2 3 6 2 8 7

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 2 3 6 2 8 7
受付番号	5 0 0 0 0 9 9 0 5 7 8
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 2 年 8 月 4 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成12年 8月 3日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 4 2 3 7 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[ 変更理由 ] 新規登録

住 所 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名 日本電気株式会社